

Aus dem Institut für Haustierkunde  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Untersuchungen zum Vorkommen  
überwinternder Meeresenten  
in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot  
in der Kieler Bucht**

**Diplomarbeit**

vorgelegt von

**Jan Meißner**

Kiel

1992

**Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

## Danksagung

Herrn Professor Dr. W. Schultz danke ich recht herzlich für die Vergabe des Themas, die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes im Präparatorium und für die Möglichkeit, eine Arbeit in diesem Rahmen selbständig durchzuführen.

Mit Stefan Bräger, Georg Nehls, Martin Thiel und Jan Blew standen mir über den Winter hin vier erfahrene Zähler zur Seite, die mit mir zusammen die Meeresentenbestände der Kieler Bucht vom Flugzeug aus erfaßten. Ihnen gilt mein ganz besonderer Dank.

Stefan Bräger, Gabriela Frances Zuvillaga, Bodo Grajetzki, Thomas Grünkorn, Nils Kobarg, Friedel Lüdge-Twenhöven, Lana Osafo-Gyimah und Martin Thiel begleiteten mich auf den Exkursionen mit der Forschungsbarkasse "Sagitta". Ohne ihre tatkräftige Hilfe hätte ich die Arbeit in dieser Form nicht durchführen können. Nils Kobarg und Hartmut Schomann bedienten die Videoausrüstung, die mir Heye Rumohr großzügig zur Verfügung stellte.

Herrn Professor Dr. W. Noodt verdanke ich, daß ich die Forschungsschiffe "Sagitta" und "Littorina" des Instituts für Meereskunde nutzen konnte. Die Mitarbeiter seines Instituts, Hartmut Sönnichsen und Martin Wahl, begleiteten mich auf einer Tauchexkursion zum Kalkgrund um dort Proben zu nehmen und mich mit Photomaterial zu versorgen. Bei Ihnen und bei der Besatzung der Schiffe möchte ich mich hier noch einmal herzlich bedanken.

Herrn Dr. W. Knief und Herrn Dr. A. Rüger danke ich für ihre Bemühungen um eine Finanzierung der Flugzeugzählungen. Ohne ihren persönlichen Einsatz wäre dieses schleswig-holsteinische Zählprogramm der Meeresenten nicht zustande gekommen.

Die Kosten für die Flugzeugzählungen wurden vom Ministerium für Natur, Umwelt und Landesentwicklung getragen.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	6
2.	Untersuchungsgebiet .....	10
3.	Material und Methoden .....	17
3.1.	<u>Zählungen der Meeresenten</u> .....	17
3.2.	<u>Untersuchungen zum Nahrungsangebot</u> .....	22
3.2.1.	Auswahl der Probeflächen .....	22
3.2.2.	Probennahme .....	23
3.2.3.	Videokontrolle .....	25
3.2.4.	Bestimmung der Makrofaunabiomasse .....	26
3.3.	<u>Untersuchungen zur Nahrung der Meeresenten</u> .....	27
3.3.1.	Umfang und Herkunft der Nahrungsproben .....	28
3.3.2.	Bearbeitung der Nahrungsproben .....	29
3.4.	<u>Statistische Verfahren</u> .....	29
3.4.1.	Zum Nahrungsangebot .....	29
3.4.1.1.	Abundanz und Biomasse .....	30
3.4.1.2.	Gesamtartenzahl und Größenklassen .....	31
3.4.2.	Zur Nahrungszusammensetzung .....	32

4.	<b>Ergebnisse</b>	33
4.1.	<u>Der Bestand und die Verteilung der Meeresenten im Untersuchungsgebiet im Winter (1990/91)</u>	33
4.1.1.	Die Phänologie der Eiderente	33
4.1.2.	Die Phänologie der Eisente	36
4.1.3.	Die Phänologie der Trauerente	39
4.2.	<u>Die Bestandsentwicklung der Meeresenten auf den Probeflächen</u>	40
4.2.1.	Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Stoller Grund (7)	41
4.2.2.	Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Marienfelde (9)	43
4.2.3.	Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Kolberger Heide (12)	43
4.3.	<u>Die saisonale Entwicklung des Molluskenbestandes auf den Probeflächen</u>	46
4.3.1.	Die Stationen der Probefläche Stoller Grund (7)	46
4.3.2.	Die Stationen der Probefläche Marienfelde (9)	50
4.3.3.	Die Stationen der Probefläche Kolberger Heide (12)	52
4.4.	<u>Die Nahrung der Meeresenten</u>	54
4.4.1.	Die Beutetierarten	54
4.4.2.	Die Beutetiergröße	61



<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>66</b>
5.1.	<u>Methodenkritik</u>	66
5.1.1.	Zu den Zählungen	66
5.1.2.	Zur Benthosprobennahme	67
5.1.3.	Zur Methode der Biomassebestimmung	69
5.1.4.	Zur Bilanzierung der Konsumtion der Meeresenten gegen die Reduktion des Molluskenbestandes	70
5.1.4.1.	Zur Konsumtion der Meeresenten	70
5.1.4.2.	Zur Reduktion des Molluskenbestandes	72
5.2.	<u>Die Bestandsentwicklung der Meeresenten</u>	74
5.2.1.	Bestandsentwicklung in den Brutgebieten	74
5.2.2.	Bestandsentwicklung in den Überwinterungsgebieten	74
5.2.3.	Bestandsentwicklung im Untersuchungsgebiet	75
5.3.	<u>Die Nahrung der Meeresenten</u>	77
5.3.1.	Die Nahrung der Meeresenten in ihrem Jahreslebensraum	77
5.3.2.	Die Nahrung der Meeresenten in der Kieler Bucht	78
5.4.	<u>Die Wahl des Nahrungsgrundes</u>	78
5.4.1.	(lokal) Wo ernähren sich die Meeresenten?	78
5.4.2.	(modal) Wie finden die Meeresenten die Nahrungsgründe?	80
5.4.3.	(temporal/konditional) Wann bzw. unter welchen Bedingungen halten sich die Meeresenten auf welchen Nahrungsgründen auf?	82
5.4.4.	(kausal) Wodurch ist eine Reduktion der Nahrungsressourcen begründet?	85
5.4.5.	(kausal) Warum bevorzugen die Meeresenten in der ersten Winterhälfte die Flachgründe?	96
5.5.	<u>Abschließende Diskussion und Ausblick</u>	99
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>102</b>
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>104</b>

## 1. Einleitung

Für ziehende Vogelarten lassen sich geographische Räume differenzieren, die im Jahresverlauf für Populationen oder Teile von ihnen verschiedene Funktionen erfüllen. Es lassen sich z.B. Brut-, Mauser-, Rast- und Überwinterungsgebiete unterscheiden (z.B. OWEN & BLACK 1990).

Die Kieler Bucht dient der Eiderente (*Somateria mollissima* L.), der Trauerente (*Melanitta nigra* L.) und der Eisente (*Clangula hyemalis* L.) als ein Rast- und Überwinterungsgebiet. Während der Wintermonate halten sich hier ca. 1-5% ihrer nordwesteuropäischen Populationen regelmäßig auf (LAURSEN 1989). Sie sind zu dieser Jahreszeit die in der Kieler Bucht häufigsten Wasservogelarten (KIRCHHOFF et al. 1983; BRÄGER & NEHLS 1987). Die Samtente (*Melanitta fusca* L.), eine weitere in der westlichen Ostsee vorkommende Meeresentenart, erscheint an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste zwar ebenfalls regelmäßig, aber vergleichsweise in nur sehr geringer Anzahl (KIRCHHOFF 1981; BRÄGER & NEHLS 1987).

Bereits in den 20er Jahren wurde von weitsichtigen Ornithologen erkannt, daß eine internationale Zusammenarbeit notwendig ist, um die Verbreitung, die Bestandsdynamik und die Wanderungen von Wasservögeln in ihren Jahreslebensräumen zu erforschen. Seit 1947 werden die dazu durchgeführten Arbeiten vom Internationalen Bureau für Wasservogelforschung (IWRB) koordiniert. Dieses Gremium wurde auf Empfehlung des Internationalen Rates für Vogelschutz (IRV) geschaffen und mit der Aufgabe betraut, Erkenntnisse über mögliche Gefährdungsursachen für Wasservogelpopulationen zu sammeln. Politische Grundlagen seiner Tätigkeit sind die 1972 abgeschlossene "Ramsar Konvention" (Konvention zum Schutz von Feuchtgebieten, speziell als Lebensräume für Wasservögel) und die sogenannte "Bonner Konvention" (Übereinkommen zur Erhaltung der wandernden wildlebenden Tierarten).

Wichtige Bestimmungen der "Ramsar Konvention" sowie die zu dieser Konvention gehörende "Liste der international bedeutsamen Feuchtgebiete" betreffen Entenvogelpopulationen (ATKINSON-WILLES 1976, 1981, 1982; RÜGER et al. 1986; PIROT et al. 1989). Daten speziell über den Bestand und die Verbreitung westpalaearktischer Meeresentenarten werden von der IWRB Arbeitsgruppe "Nordic/Baltic Duck Survey Group" erhoben. Die in dieser Arbeit vorgelegten Ergebnisse von Wasservogelzählungen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste sind ein deutscher Beitrag für ein in diesem Rahmen stehendes Monitoringprogramm der Meeresenten der Ostsee.

Über die Bestände überwinternder Meeresenten und ihre Verbreitung an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste liegen bereits ausführliche Arbeiten vor (SCHMIDT 1976; KIRCHHOFF 1979, 1981; KIRCHHOFF et al. 1983; PROKOSCH & KIRCHHOFF 1983; BRÄGER & NEHLS 1987).

KIRCHHOFF (1979, 1981) gibt erste Bestandsschätzungen für die Kieler- und die Lübecker Bucht und benennt Faktoren, die potentiell die Verbreitungsmuster von Meeresenten bestimmen. Nach den Ergebnissen seiner nahrungsökologischen Untersuchungen in einem Küstengewässer der Kieler Bucht (Howachter Bucht, siehe Abb. 1 und 6) sind dieses insbesondere die Faktoren Wassertiefe, Sedimentstruktur und die Verteilung der Nahrungsressourcen am Meeresboden sowie die spezifischen Nahrungsansprüche der betreffenden Entenarten. KIRCHHOFF (1981) weist jedoch bereits darauf hin, daß die Verbreitungsschwerpunkte der Meeresenten nicht direkt an der Küste, sondern auf den der Küste inselartig vorgelagerten Flachgründen liegen. Nur ein Teil seiner Ergebnisse aus den Küstengewässern ist auf diese Flachgründe übertragbar. In der Howachter Bucht nehmen die Entenbestände über den Winter hin zu, in den Hauptverbreitungsgebieten hingegen ist die entgegengesetzte Tendenz zu beobachten.

In den thematisch folgenden Arbeiten wird immer wieder auf die außerordentliche Bedeutung dieser Flachgründe und auf die Besonderheiten der dort

festgestellten Phänologien hingewiesen (PROKOSCH & KIRCHHOFF 1983; BRÄGER & NEHLS 1987). Während der ersten Winterhälfte ist die Anzahl der sich dort aufhaltenden Individuen um ein Vielfaches höher als auf den Küstenzählstrecken (MEISSNER & BRÄGER 1990). Im Verlauf der Saison zeigen jedoch die Eiderente und die Eisente eine deutliche Tendenz, diese zunächst bevorzugten Gebiete zu verlassen (BRÄGER et al. in Vorb.). Die artvergleichenden Untersuchungen zur Nahrungszusammensetzung der Eider- und Trauerenten auf den Flachgründen von MEISSNER & BRÄGER (1990) ergänzen die Daten von KIRCHHOFF (1979) und lassen vermuten, daß hier dieselben Faktoren wie die von KIRCHHOFF beschriebenen bestimmend sind; sie wirken aber offenbar in ihrer Kombination auf andere Weise.

Die Verbreitungsmuster der Meeresenten in der Kieler Bucht einerseits und ihre Nahrungsgewohnheiten andererseits konnten bisher nur getrennt von einander beschrieben werden. Unklar geblieben ist, wodurch die so regelmäßig beobachteten Unterschiede der Phänologien in den einzelnen Teilgebieten bzw. Gebietstypen begründet sind.

Finden in einem Überwinterungsgebiet bereits vor dem Einsetzen des Frühjahrszuges bemerkenswerte Bestandsumlagerungen oder gar Abwanderungen statt, so ist das ein Indiz dafür, daß die "tragende Kapazität" (engl. "carrying capacity") dieses Gebietes für die entsprechenden Vogelansammlungen eine Grenze erreicht, oder daß eine solche Grenze überschritten wird (BAIRD et al. 1985; EVANS & DUGAN 1984). Der Begriff der "carrying capacity" wurde in der theoretischen Ökologie zunächst nur hinsichtlich der Jahreslebensräume von Tierarten definiert, er wird aber inzwischen im Sinne GOSS-CUSTARDS (1980, 1985) auch auf Subsysteme bzw. Teillebensräume angewendet.

Gelingt es, die theoretischen Grenzen für die "tragenden Kapazitäten" der Teillebensräume einer Vogelart zu konkretisieren, so gewinnt man Anhaltspunkte darüber, wo bzw. wann limitierende Faktoren auf die Bestandsgröße einer entsprechenden Vogelpopulation wirken. Obwohl es noch als sehr fragwürdig

escheint, ob diese "limitierenden Faktoren" jemals vollständig beschreibbar sein werden, dienen sie doch als Modell für fast jede populationsdynamische oder verhaltensökologische Forschung.

Ein Überwinterungsgebiet muß einige Kriterien erfüllen, um für Meeresenten geeignet zu sein. Neben den klimatischen Rahmenbedingungen werden die geographische Lage bzw. die Entfernung zu anderen funktionalen Teilgebieten der Jahreslebensräume sowie die Verteilung von Störungsfrequenzen durch den Menschen als maßgeblich angesehen (z.B. BELL & OWEN 1990). Wegen eines allgemein hohen Energiebedarfs für Vögel während kalter Wintermonate muß insbesondere geeignete Nahrung ausreichend verfügbar sein (PEHRSSON 1984). Für benthosfressende Arten bedeutet dieses nach KIRCHHOFF (1979) das Vorhandensein eines dichten Bestandes an Makrofauna, der während des Winters nicht durch Eis abgedeckt wird.

In der hier vorliegenden Arbeit soll der Versuch unternommen werden, zu klären, ob die bisher regelmäßig beobachteten Phänologien der Meeresenten in der Kieler Bucht tatsächlich durch ein über den Winter hin variierendes Nahrungsangebot begründet sind. Diese allgemeine Fragestellung wird unter folgenden Aspekten betrachtet:

- (lokal) Treten die großen Schwärme der Meeresenten dort auf, wo die Dichte bzw. die Biomasse der erreichbaren Beutetiere relativ zu anderen Gebieten hoch ist?
- (modal) Wie finden die Enten die für sie geeigneten Nahrungsgründe?
- (temporal/konditional) Sind Bestandsverlagerungen bzw. die Abnahme der Abundanz der Meeresenten in bestimmten Teilgebieten durch eine Reduktion der Nahrungsressourcen bedingt?
- (kausal) Wodurch ist eine Reduktion der Nahrungsressourcen begründet? Verursachen die Enten durch ihre Konsumtion selbst maßgeblich diese Reduktion oder sind andere biotische oder abiotische Faktoren dafür verantwortlich, daß die Attraktans bestimmter Gebiete im Verlauf des Winters sinkt?

## 2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt in der westlichen Ostsee. Es umfaßt die Kieler Bucht und zusätzlich einige unmittelbar angrenzende Ostseegewässer wie den äußeren Teil der Flensburger Förde und den nordwestlichen Teil der Lübecker Bucht (Zentrum: ca. 54° 30'N, 10° 40'E).

Die Kieler Bucht ist ein Teil der Beltsee, des Meeresgebietes also, das die Ostsee mit der Nordsee verbindet. BABENERD & GERLACH (1987) definieren sie als ein Seegebiet mit einer Fläche von 2571 km<sup>2</sup> und einer Gesamtküstenlinie von 196 km Länge. Mit einer mittleren Wassertiefe von 16,3 m und einer maximalen von 36 m ist sie ein flaches Gewässer, in dem alle hydrographischen Parameter ausgeprägten jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Sie liegt am Rande des Hauptdurchflußsystems "Großer Belt - Fehmarnbelt", durch das in Abhängigkeit von der Großwetterlage Wasseraustauschprozesse zwischen dem Kattegat und der eigentlichen Ostsee stattfinden. Es handelt sich um einen jungen und instabilen Lebensraum. Vor allem die Variationen in den Parametern Salinität und Temperatur sind dafür verantwortlich, daß die marine Fauna relativ artenarm ist. Die an das Brackwasser angepaßten Arten erreichen dafür sehr hohe Individuenzahlen (REMANE 1940).

Die Förden an der Südwestseite der Kieler Bucht sind ihrer Entstehung nach festländische Talrinnen, die gegen Ende der Eiszeit vom Schmelzwasser des Eises geformt und anschließend vom Meer ausgefüllt wurden. Der Meeresboden hat aufgrund der relativ kurzen Überflutungszeit noch seinen festländischen Charakter bewahrt und ist in ein System von Rinnen und Bänken gegliedert (KÄNDLER 1959) (Abb.1).



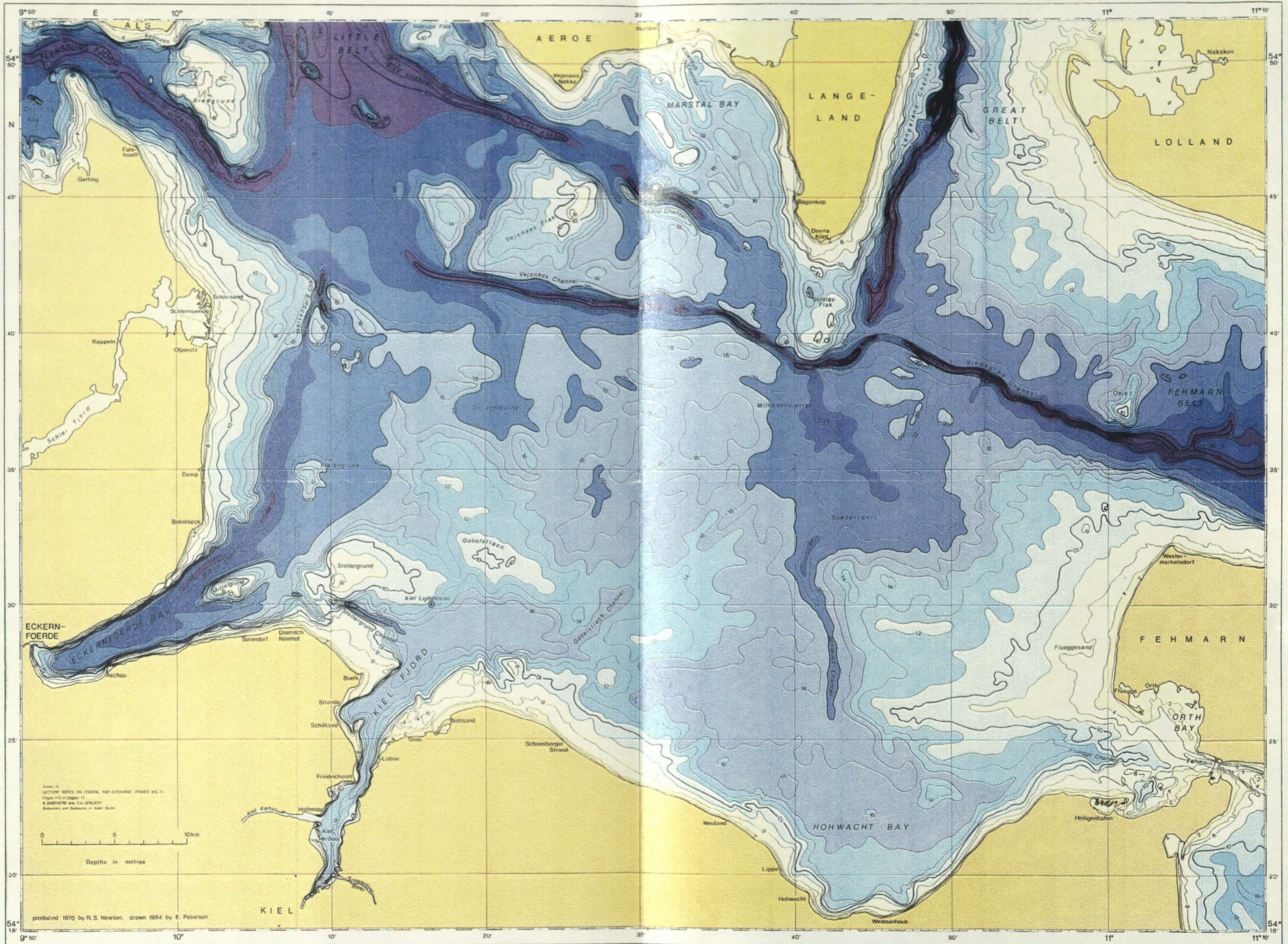


Abb. 1: Die Tiefenzonierung der Kieler Bucht  
(aus BABENERD & GERLACH 1987)



Entsprechend dieser Topographie (Abb. 1) und der Verteilung verschiedener Sedimenttypen (Abb. 2) lassen sich stark vereinfachend im Bereich der sommerlichen Halokline bei ca. 15 m Wassertiefe drei Lebensgemeinschaften des Makrozoobenthos gegeneinander abgrenzen. Die Biomassedaten verschiedener Autoren wurden von BREY (1984) in die Einheit "Gramm aschefreies Trockengewicht pro Quadratmeter" ( $\text{gAFTG/m}^2$ ) umgerechnet:

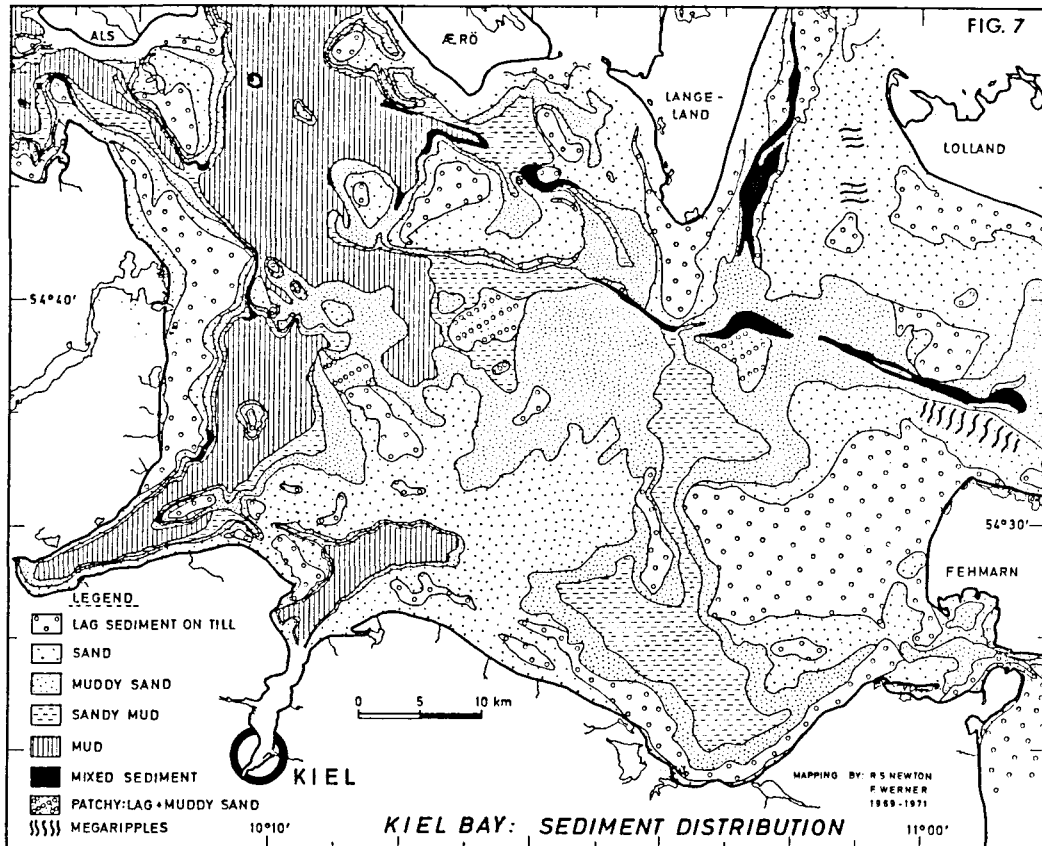
1. In den tieferen Bereichen liegen sandige oder schlickige Sedimente vor (SEIBOLD et. al 1976). Dort leben die Arten der *Abra alba* -Gemeinschaft (PETERSEN 1918; REMANE 1933, 1940; WEIGELT 1987) (Abb. 3b).

Die Biomasse des Makrozoobenthos zeigt eine deutliche Tiefenzonierung. Sie beträgt unterhalb von 25 m Wassertiefe durchschnittlich  $10,7 \text{ gAFTG/m}^2$  (ARNTZ 1970, 1971) und im Tiefenbereich von 15 bis 20 m durchschnittlich  $29,5 \text{ gAFTG/m}^2$ ; 70% der Biomasse werden dort allein von der Islandmuschel (*Arctica islandica*) gestellt (ARNTZ 1970, 1971).

2. Der oberhalb von 15 m Wassertiefe gelegene Teil des Benthals (ca.  $950 \text{ km}^2$ ) besteht aus Restsediment oder Sand. Er ist von der *Macoma baltica* -Gemeinschaft besiedelt (PETERSEN 1918; REMANE 1933; BREY 1983, 1984) (Abb. 3a).

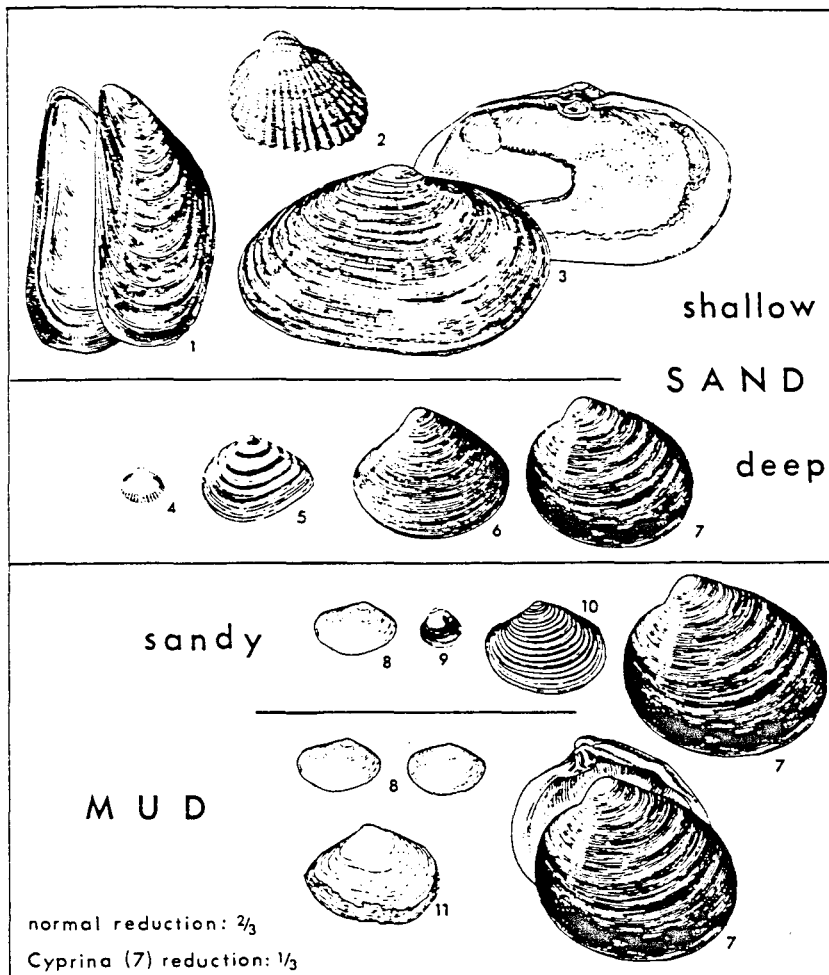
Die Makrofaunabiomasse der Seegraswiesen liegt zwischen  $18,3$  und  $83,0 \text{ gAFTG/m}^2$  (GRÜNDEL 1976, 1982), die der Rotalgenzoone beträgt ca.  $44,0 \text{ gAFTG/m}^2$  (LÜTHJE 1977, 1982). Auf Restsedimenten, die nicht von Algen und Miesmuscheln besiedelt sind, wurden  $4,6$  bis  $5,1 \text{ gAFTG/m}^2$  gefunden (KIRCHHOFF 1979). Die sandigen Böden der Kieler Bucht wurden besonders ausführlich untersucht. Im Tiefenbereich zwischen 1 und 5 m beträgt die Makrofaunabiomasse durchschnittlich  $7,7 \text{ gAFTG/m}^2$  (WORTHMANN 1975, 1976), im Bereich zwischen 5 und 15 m  $14,4 \text{ gAFTG/m}^2$  (BREY 1983, 1984).





**Abb. 2:** Die Sedimentverteilung in der Kieler Bucht  
(aus SEIBOLD et al. 1971)

- Legende:**
- |   |   |
|---|---|
| 1. Restsediment<br>(Steine, Kies, Grobsand) | 5. Schlick  |
| 2. Sand                                     | 6. Mischsediment                                    |
| 3. Schlickiger Sand                         | 7. Restsediment und Sand<br>(fleckenhaft wechselnd) |
| 4. Sandiger Schlick                         | 8. Riesenrippeln                                    |



**Abb. 3:** Die häufigsten Muschelarten der Kieler Bucht  
(verändert aus Seibold et al. 1971)

- |    |   |  |
|----|---|--|
| a) | Flachwasser (ca. 1-7m)<br>(Restsediment, Sand): | Mittlere Tiefe (ca. 5-17m)<br>(Sand, Schlickiger Sand) |
|    | 1. <i>Mytilus edulis</i>                        | 4. <i>Cerastoderma fasciatum</i>                       |
|    | 2. <i>Cerastoderma edule</i>                    | 5. <i>Macoma baltica</i>                               |
|    | 3. <i>Mya arenaria</i>                          | 6. <i>Astarte borealis</i>                             |
|    | 5. <i>Macoma baltica</i>                        | 7. <i>Arctica islandica</i>                            |
| b) | Tiefwasser (ca. 15-22m)<br>(Sandiger Schlick)   | Tiefe Rinnen (ca. 20-28m)<br>(Schlick)                 |
|    | 8. <i>Abra alba</i>                             | 8. <i>Abra alba</i>                                    |
|    | 9. <i>Astarte montagui</i>                      | 11. <i>Macoma calcarea</i>                             |
|    | 10. <i>Astarte elliptica</i>                    | 7. <i>Arctica islandica</i>                            |
|    | 7. <i>Arctica islandica</i>                     |  |
|    | <i>Mya truncata</i>                             |  |

3. Innerhalb der Tiefenzone der *Macoma-baltica*- Gemeinschaft treten insbesondere zwischen 3 und 8 m Wassertiefe Miesmuschelbänke zu sammen mit Rotalgen auf (LÜTHJE 1978). Diese Bereiche sind hinsichtlich der dort lebenden Arten, deren Biomasse und Produktion nicht mit den beiden vorher genannten Lebensgemeinschaften der Weichböden vergleichbar (BREY 1984).

Miesmuscheln sind eigentlich Hartbodenbewohner. Sie siedeln in der Kieler Bucht als sogenannte plantigrade Larven auf Steinen und sekundärem Hartsubstrat wie z.B. auf Muschelschalen und Schneckengehäusen (BAYNE 1964a, 1965; SCHUSTER 1984). Haben sie sich dort etabliert, dann fungieren sie selbst als biogene Hartsubstratbildner und schaffen damit ein Milieu, in dem sich durch eine Vielzahl von Symbiosen eine eigenständige und hoch produktive Lebensgemeinschaft herausbildet (KELLERMANN 1981; SCHUSTER 1984).

An diesen Orten, an denen die "Lebensgemeinschaft- *Mytilus* bank" ausgeprägt ist, liegt die höchste Biomasse vor (BREY 1984). KELLERMANN (1981) fand auf einer Miesmuschelbank in der Eckernförder Bucht  $74,8 \text{ gAFTG/m}^2$  und KIRCHHOFF (1979) in der Howachter Bucht ca.  $242,0 \text{ gAFTG/m}^2$ . Untersuchungen von SCHUSTER (1984) ergaben in der Flensburger Förde Werte bis zu  $1035 \text{ gAFTG/m}^2$ .

Die großen Miesmuschelbänke der Flachwasserbereiche stellen im Stoff und Energiekreislauf der Kieler Bucht einen außerordentlich wichtigen Faktor dar (MEYER 1976); sie wurden aber wegen methodischer Schwierigkeiten bisher nur unzureichend untersucht. Eine einmalige Kartierung wäre nur von sehr eingeschränktem Wert, weil die Bänke hinsichtlich ihrer Ausdehnung großen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen (KIRCHHOFF 1979). Über die Miesmuschelbestände der küstenfernen Flachwassergebiete liegen bis jetzt keine quantitativen Untersuchungen veröffentlicht vor.

Sind die küstenfernen Flachwassergebiete weniger als 10 m tief, so werden sie in dieser Arbeit als "Flachgründe" bezeichnet. Die Abgrenzung gegenüber den Küstengewässern ist nicht immer scharf zu ziehen. So haben z.B. der "Flüggasand" und der "Kalkgrund" eine oberhalb von 10 m liegende Verbindung zur Küste, werden hier aber trotzdem aufgrund besonderer Merkmale unter der Kategorie Flachgründe eingeordnet.

Ich definiere einen Flachgrund als Relikt eines Moränenzuges, bestehend aus Restsediment oder Sand, der insel- oder halbinselartig über den 10 m-Wassertiefenhorizont herausragt und dessen überstehender Wasserkörper in seinem zentralen Bereich in alle Himmelsrichtungen windexponiert ist.

Im Untersuchungsgebiet sind dieses von Nordwesten in südöstliche Richtung: der Kalkgrund, der Breitgrund, das Vejsnæs Flack, der Mittelgrund, der Stoller Grund, das Gabelsflach, der Flüggasand und die Sagasbank (Abb.1 und 3). Im Rahmen eines Gutachtens des Zoologischen Instituts der Universität Kiel wurden eben diese Flachgründe bereits als ökologisch besonders bedeutsame Lebensräume dargestellt (NOODT & KÖLMEL 1986).

Die Fläche der Flachgründe des Untersuchungsgebietes beträgt nach planimetrischer Messung aus der Seekarte D 30 "Kieler Bucht" (DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT, HAMBURG, 1987) insgesamt ca. 97 km<sup>2</sup>; die der Küstengewässer (flacher als 10 m) beträgt ca.460 km<sup>2</sup>.

Die Kieler Bucht gilt als eines der am besten untersuchten Meeresgebiete der Welt. Eine Literaturübersicht über klimatische und physikalisch-ozeanographische Parameter findet sich bei SCHWEIMER (1978).

### 3. Material und Methoden

Zur Fragestellung wurden drei Datensätze erhoben:

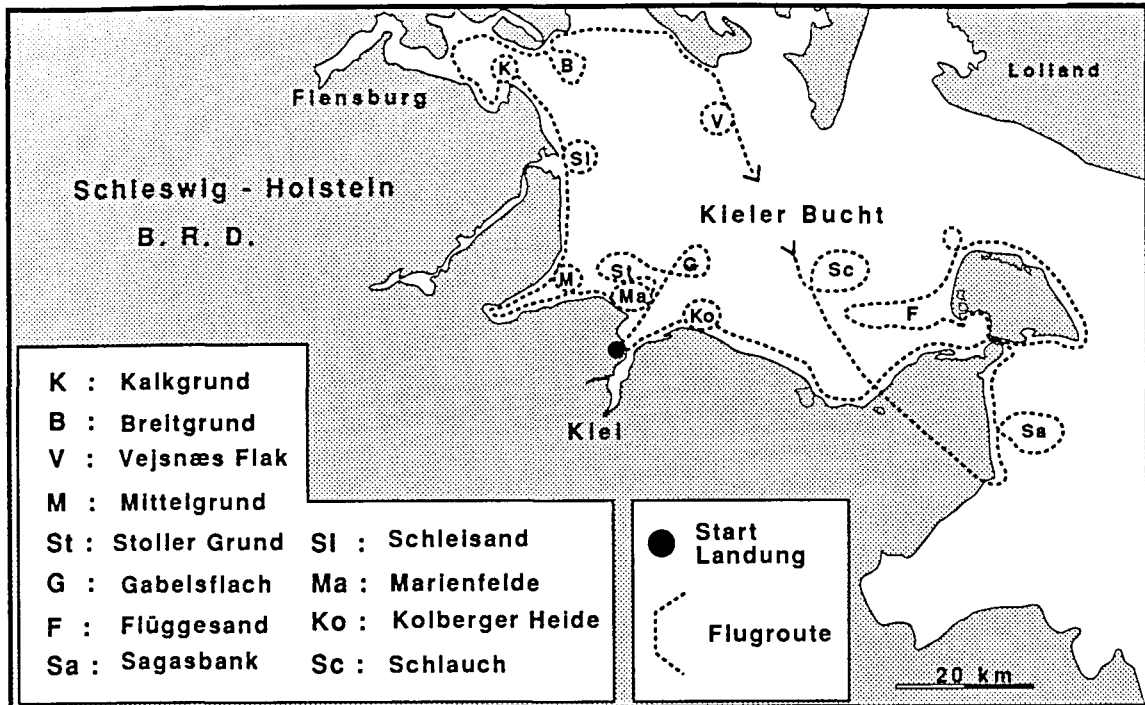
- Zählungen zum Bestand und der räumlichen Verteilung der Meeresenten im Untersuchungsgebiet.
- Untersuchungen zum Nahrungsangebot in verschiedenen von den Enten bevorzugten Teilgebieten.
- Untersuchungen zur Zusammensetzung der Nahrung der Meeresenten.

Die Methoden wurden in leicht modifizierter Form von den Autoren KIRCHHOFF (1979), KIRCHHOFF et al. (1983) und BREY (1983, 1984) übernommen und in Voruntersuchungen aufeinander abgestimmt (MEISSNER & BRÄGER 1990).

#### 3.1. Zählungen der Meeresenten

Wie auch in den vier vorhergehenden Wintern wurden die Meeresentenbestände des Untersuchungsgebietes in monatlichen Zählflügen (Oktober bis März) entlang einer Standardflugroute erfaßt (Abb.4).

Es wird dabei eine zweimotorige Cessna 336 verwendet. Die Flughöhe beträgt 150 m, die Fluggeschwindigkeit ca. 180 km/h. Die Flugroute orientiert sich an der 10 m-Tiefenlinie. In Bereichen, die von früheren Flügen oder von Schiffsexkursionen her als häufige Aufenthaltsorte der Meeresenten bekannt sind, werden zusätzliche Kontrollbeobachtungen in tieferen Gebieten gemacht. In bezug auf die Gewässer des Untersuchungsgebietes, die flacher als 15 m sind, ist die Erfassung nahezu flächendeckend. Mit Ausnahme des als "Schlauch Channel" bezeichneten Gebietes (Gebietsbenennung nach BABENERD & GERLACH (1987); Abb.1 und 4), liegen aus dem Tiefwasser nur Zufallsbeobachtungen vor.



**Abb. 4:** Die Standardflugroute zur Erfassung der Meeresenten im Untersuchungsgebiet

Nach Möglichkeit werden die Zählflüge zur Monatsmitte hin durchgeführt. Priorität haben jedoch möglichst gute Wetterbedingungen, die gerade während der Wintermonate nicht immer gegeben sind. Um die Hauptfehlerquelle der Erfassungsmethode, das Übersehen einzelner Entenschwärme bedingt durch schlechte Sichtverhältnisse oder Seegang, möglichst gering zu halten, müssen oftmals Ausweichtermine wahrgenommen werden. Deshalb sind die zeitlichen Abstände aufeinanderfolgender Zählungen nicht immer konstant. Im Untersuchungswinter 1990/91 wurden insgesamt sechs jeweils vierstündige Flüge durchgeführt (am 21. Oktober 1990, 18. November 1990, 15. Dezember 1990, 12. Januar 1991, 16. Februar 1991 und am 17. März 1991).



Die gesichteten Ententrupps werden gleichzeitig von drei oder vier Zählern in Karten eingetragen (D 30 Kieler Bucht, Maßstab: 1 : 100.000 (DEUTSCHES HYDROGRAPHISCHES INSTITUT, HAMBURG, 1987) ). Falls sich Abweichungen von der Standardroute ergeben, wird zusätzlich die aktuelle Flugroute aufgezeichnet. Die von den rechts bzw. links im Flugzeug sitzenden Zählern eingetragenen Vogelzahlen werden bei der späteren Auswertung addiert. Liegen zwei verschiedene Zahlen einundderselben Seite von einem bestimmten Ort vor, so geht in der Regel die höhere in die Auswertung ein.

Die dichten Entenschwärme werden photographiert und später vom Diapositiv unter einem Raster ausgezählt. Verstreut auftretende Schwärme und kleinere Trupps müssen geschätzt werden.



**Abb 5:** Eiderenten auf dem Kalkgrund.

Vom Diapositiv können die einzelnen Individuen sehr genau vor einem Raster ausgezählt werden.

Es werden zunächst zehn oder einhundert Individuen einer Art ausgezählt, wodurch man einen visuellen Eindruck von der Dichte eines Schwarmes erhält, der dann in hunderter Schritten geschätzt wird. Besteht die Entenansammlung aus mehr als zehntausend Individuen, so kann es notwendig werden, in Schritten von eintausend fortzufahren. Es bleibt dann der Erfahrung des Zählers überlassen, die vom Zentrum des Schwarms zum Rand hin abnehmende Entendichte bei seiner Kalkulation zu berücksichtigen.

Diese Methode wird dadurch erleichtert, daß sich die Vögel aus der Perspektive des Beobachters optisch alle in einer Ebene befinden, selbst dann, wenn ein Teil des Schwarms durch das Flugzeug gestört wird und auffliegt.

Besondere Aufmerksamkeit wurde den Gebieten geschenkt, in denen für spätere Zehrungsberechnungen Probeflächen zur Benthosentnahme eingerichtet worden waren (s.u.) (Abb.6). Diese wurden zusätzlich auf wenigstens vier Schiffsausfahrten kontrolliert, so daß aus ihnen insgesamt zehn bzw. elf Zählungen vorliegen. Die Anzahl und die Verteilung der Meeresenten in diesen Gebieten wurden sowohl bei den Flugzeugzählungen als auch bei den Schiffszählungen in speziell angefertigten Detailkarten protokolliert (Maßstab: 1 : 25.000). Um einen sogenannten "Pooleffect" zu vermeiden (psychologische Anziehungskraft eines ausgezeichneten Ortes in einem ansonsten leeren Raum), war in diese Karten zwar die ungefähre Lage der Stationen eingezeichnet, nicht aber die um sie herum von mir definierte Probefläche.

Um zu dokumentieren, mit welcher Intensität die drei Entenarten diese Probeflächen im Jahresverlauf nutzten, wurden für diese Flächen sogenannte Vogeltage errechnet. Die Anzahl der in einem Gebiet bis zu einer bestimmten Zeit verbrachten Vogeltage wird errechnet, indem für die einzelnen zeitlich aufeinander folgenden Zählergebnisse des Winters jeweils die Mittelwerte gebildet werden. Diese Mittelwerte werden mit der jeweiligen Anzahl der zwischen den beiden Zählungen liegenden Tage multipliziert und die erhaltenen Produkte werden dann addiert:



$$V.T. = \sum \bar{n} * Tage = (n_1 / 2 + n_2 / 2) * T_1 + (n_2 / 2 + n_3 / 2) * T_2 \dots$$

Dabei ist "V.T." bzw. " $\sum \bar{n} * Tage$ " die Zahl der Vogeltage, "n" die Anzahl der Vögel zu einer Zählung und "T" bzw. "Tage" die Zahl der zwischen zwei Zählungen liegenden Tage. Die einzelnen Mittelwerte sollen verkürzt bezeichnet werden mit:

$$\bar{n} = (n_i / 2 + n_{i+1} / 2).$$

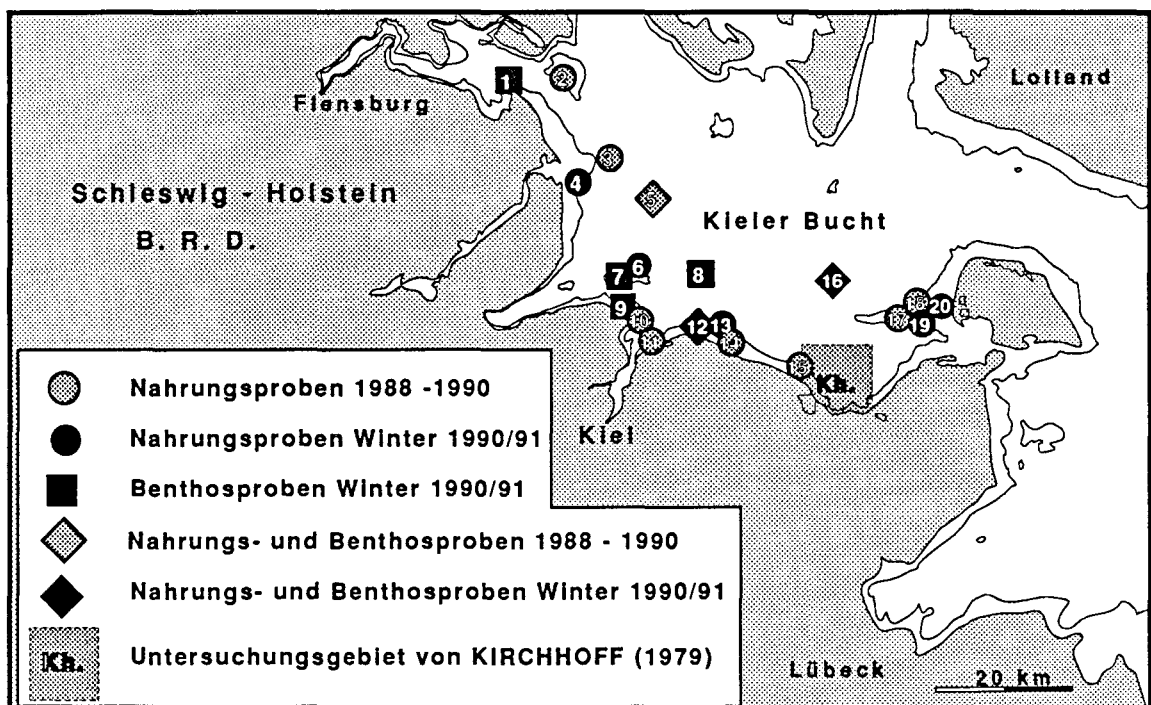
Dabei ist " $n_i$ " das Ergebnis der "i"-ten Zählung und " $i$ " = 1, 2, 3, ... 10.

Die Flugzeugzählung ist eine inzwischen weit verbreitete Methode zur Erfassung von Wasservögeln. Sie ist geeignet, innerhalb einer kurzen Zeitspanne einen Überblick über die Bestände eines weiträumigen Untersuchungsgebietes zu bekommen. Durch kurzzeitige Bestandsumlagerungen verursachte Fehleinschätzungen werden durch die "Schnelligkeit" der Methode minimiert. Nach den grundlegenden Arbeiten von JOENSEN (1968, 1973, 1974) wurde sie auf Empfehlungen des Internationalen Büros für Wasservogelforschung immer weiter verbessert und soweit möglich international standardisiert. Angaben über verschiedene Methoden der Flugzeugzählung und deren Fehlerquellen bzw. Genauigkeit finden sich z.B. bei BRIGGS et al. (1985), CONROY et al. (1988), FOLLESTAD et al. (1988), HAAPNEN & NILSSON (1979) und speziell bezogen auf die Küsten Schleswig-Holsteins bei NEHLS (1991) und KIRCHHOFF et al. (1983).

### 3.2. Untersuchungen zum Nahrungsangebot

#### 3.2.1. Auswahl der Probeflächen

Nach dem ersten Flug der Saison, am 21.10.1990, wählte ich sechs Gebiete aus, um parallel zum Auftreten der Entenschwärme etwaige Veränderungen im Bestand der benthischen Molluskenfauna zu verfolgen. Dort wurden in einem Tiefenprofil ca. 1,5 Seemeilen (= ca. 2,78 km) lange Transekte mit jeweils fünf Stationen eingerichtet. Um diese Transekte herum definierte ich jeweils ein Rechteck der Größe 1 km \* 3 km als Probefläche und Nahrungsgrund für Meeresenten. Für die Probeflächen "Stoller Grund (7)", "Marienfelde (9)" und "Kolberger Heide-West (12)" werden quantitative Angaben gemacht. Die Datensätze der drei weiteren Positionen ("Kalkgrund (1)", "Gabelsflach (8)" und "Schlauch (16)") konnten aus verschiedenen Gründen nicht miteinander verknüpft werden; sie werden deshalb nur zur Klärung spezieller Fragen in die Auswertung mit einbezogen. (Lage der Probeflächen siehe Abb.6).



**Abb. 6:** Positionen der Probennahmen in der Kieler Bucht zur Bestimmung der Nahrung und des Nahrungsangebotes der Meeresenten.

Die Lage der Probeflächen bzw. der Transekte wählte ich nach folgenden Kriterien aus:

- Die verschiedenen Gebietstypen (Küstengewässer, Flachgrund und Tiefwasser) sollten berücksichtigt werden.
- Regelmäßig aufzusuchende Gebiete sollten von Kiel mit dem Forschungsschiff gut erreichbar sein. Sie sollten so zueinander liegen, daß auf einer Tagesexkursion möglichst viele Stationen angelaufen werden konnten.
- Die Gebiete sollten anhand von bereits vorhandenen Landmarken, Seezeichen, Tonnen etc. vom Flugzeug aus leicht auffindbar und genau zu lokalisieren sein.
- Nach den Gewohnheiten der Fischer, ihre Netze zu positionieren, sollte eine möglichst große Wahrscheinlichkeit bestehen, gerade aus diesen Gebieten ertrunkene Enten zu bekommen.
- Wenigstens eine der Flächen sollte von Land aus mit einem Spektiv einsehbar sein.
- Zu den Gebieten sollten möglichst Daten aus der Literatur vorliegen.
- In den ausgewählten Gebieten sollten sich erfahrungsgemäß große Ansammlungen von Meeresenten aufhalten.

Die ausgewählten Gebiete wurden während des Untersuchungszeitraumes nicht in durchschnittlichem Maße sondern besonders intensiv von Meeresenten genutzt. Es handelt sich, bezogen auf die verschiedenen Gebietstypen des Untersuchungsgebietes, um Verbreitungsschwerpunkte der Eiderente. Aus diesem Grund ist die Beschreibung dieser Gebiete bereits ein Ergebnis dieser Arbeit und wird deshalb in Kapitel 4.3. behandelt.

### 3.2.2. Probennahme

An den quantitativ bearbeiteten Stationen wurden jeweils im Herbst (31. Oktober bzw. 01. November 1990), zum Mittwinter (22. bzw. 24. Januar 1991) und im Frühjahr (25. bzw. 28. März 1991) fünf parallele Benthosproben mit

einem 30 kg schweren Van-Veen-Backengreifer (DYBERN et al. 1976) genommen; ebenso an den Stationen der Probeflächen "Gabelsflach (8)" und "Schlauch (16)" am 08. November 1990, am 24. Januar 1991 und am 27. März 1991. Das Probennahmegerät entspricht dem von KIRCHHOFF (1979) verwendeten (Abb.7). Eine Greiferprobe sticht eine Fläche von ca.  $0,1 \text{ m}^2$  aus. Pro Transekt und Termin wurde also die Makrofauna von  $5 \text{ (Stationen)} * 5 \text{ (Parallelen)} * 0,1 \text{ m}^2 \text{ (Greiferfläche)} = 2,5 \text{ m}^2$  des Meeresbodens untersucht. Biomasseangaben werden im Folgenden auf  $1 \text{ m}^2$  bezogen.

Durch eingeklemmte Steine nicht vollständig geschlossene Greiferproben wurden verworfen und erneut genommen. Nach der Niederschrift einer groben Charakterisierung des vorgefundenen Sediments wurden die Proben an Bord des Schiffes mit Seewasser durch ein Sieb mit 2 mm Maschenweite gespült und in Cautexflaschen mit 4%-Formalin fixiert.



Abb. 7: Das Probennahmegerät: der Van-Veen-Backengreifer  
Die Benthosfauna wird mit Seewasser in eine Schüssel und dann durch ein Sieb (2 mm) gespült. (Photo: Stefan Bräger)



### 3.2.3. Videokontrolle

Der Van-Veen-Backengreifer ist geeignet, um anschauliches Material zur Beschreibung des Nahrungsangebotes der Meeresenten zu bekommen und in der Regel auch um dieses zu quantifizieren. Ein großer Nachteil dieser klassischen Methode der Meereskunde ist jedoch, daß man als Wissenschaftler gewissermaßen "im Trüben fischt". Die eigentliche Probennahme am Meeresboden kann ohne weitere Hilfsmittel nicht beobachtet werden und die Ergebnisse sind erst nach der aufwendigen Aufarbeitung des Materials mit Hilfe statistischer Methoden zu interpretieren. Deshalb setzte ich zusätzlich eine Unterwasser-Videokamera mit Restlichtverstärkung ein (Firma Osprey, Modell: OE 1323 S.I.T./schwarz-weiß; 5,5 mm f: 1,5), um die Ergebnisse Probennahme zu kontrollieren und um einen visuellen Eindruck von der Repräsentanz der Stationen für die Probeflächen zu bekommen (Abb.8).



**Abb. 8:** Die Videokamera im Hintergrund, rechts eine Photokamera, links ein Blitzlichtgerät. Über einen Monitor kann der Meeresboden betrachtet werden.

### 3.2.4. Bestimmung der Makrofaunabiomasse

Es ist bekannt, daß sich die Meeresenten in der Kieler Bucht zu ca. 90% von Mollusken ernähren. Nur die Eiderenten (insbesondere die juvenilen Eiderenten) nehmen in den flachen Gebieten bis zu 22% Seesterne (*Asterias rubens* L.) auf (KIRCHHOFF 1979, MEISSNER & BRÄGER 1990). Crustaceen und Polychaeten sind nur in Ausnahmefällen bis zu 10% in der Nahrung vertreten; an den hier untersuchten Stationen stellen sie nur 1-2% des Feuchtgewichtes und werden deshalb unter der Kategorie "andere" aufgeführt. Anthozoen, Balaniden, Ascidien, und Rotalgen gelten als passiv mit den Mollusken aufgenommene Nahrungsbestandteile und werden aus diesem Grund sowohl bei der Beschreibung der Nahrungszusammensetzung, als auch bei der des Nahrungsangebotes vernachlässigt.

Im benthologischen Teil dieser Arbeit konzentriere ich mich daher auf die Mollusken. Ihre Biomasse wird in Gramm als "Aschefreies Trockengewicht" pro Quadratmeter (AFTG/m<sup>2</sup>, engl. AFDW/m<sup>2</sup>) angegeben, um eine Vergleichbarkeit mit der neueren benthologischen Literatur zu gewährleisten. Dies ist auch für ornithologische bzw. nahrungsökologische Diskussionen sinnvoll, weil diese Maßeinheit in einem direkt proportionalen Verhältnis zum Energiegehalt der Beutetiere steht (BREY et al. 1988).

Für hartschalige Mollusken bietet sich die Biomassenbestimmung über eine Längen-Gewichtsbeziehung an. Insbesondere dann, wenn die Individuen vermessen werden sollen, um das Größenspektrum einzelner Muschelarten an verschiedenen Stationen miteinander zu vergleichen, ermöglicht diese Methode eine erhebliche Arbeitersparnis.

RUMOHR et al. (1987) geben eine "Zusammenstellung über biometrische Umrechnungsfaktoren für benthische Invertebraten der Ostsee". Danach gilt für alle hier untersuchten Molluskenarten die folgende empirisch ermittelte Längen-Gewichtsbeziehung:

$$\log_B (g) = b \cdot \log_B (l) + a ; r, n \text{ mit}$$

B = Basis des Logarithmus

g = Gewicht (mg AFTG)

l = maximale Länge der Schale (mm)

b = Steigung der Regressionsgeraden

a = Ordinatenabschnitt

r = Korrelationskoeffizient

n = Anzahl der vermessenen Individuen

Die für die einzelnen Molluskenarten benötigten Umrechnungsfaktoren (Werte a, b) wurden der oben genannten Zusammenstellung und (für *Arctica islandica*) der Arbeit von BREY et al. (1990) entnommen und als Funktionswerte in einem Tabellenkalkulationsprogramm (Excel 2.2) installiert. Die maximale Länge der Mollusken wurde mit einer Schieblehre auf den unteren Zehntelmillimeter genau vermessen und die so erhaltenen Werte wurden mit Hilfe des Programms in Biomassedaten umgerechnet.

Für Vergleiche mit den Nahrungsinhalten sezierter Enten wurden die Makrofaunaorganismen der Positionen "Kolbergerheide (12)" und "Schlauch (16)" zusätzlich auf einer elektronischen Waage nach Arten oder Tiergruppen zusammengefaßt auf 0,01 g genau gewogen (siehe 4.3.2. Bearbeitung der Nahrungsprouben).

### 3.3. Untersuchungen zur Nahrung der Meeresenten

Die Nahrungszusammensetzung der Meeresenten wurde anhand von in Stellnetzen ertrunkenen Exemplaren bestimmt. Nach einer Hochrechnung von KIRCHHOFF (1982) ist die schleswig-holsteinische Küstenfischerei jährlich für den Tod von ca. 15.800 Wasservögeln verantwortlich (9.400 Eiderenten, 2.600 Trauerenten, 750 Eisenten, 200 Samtenten). Dadurch steht ein geeignetes Material für Nahrungsanalysen zur Verfügung.

### 3.3.1. Umfang und Herkunft der Nahrungsproben

Im Untersuchungswinter 1990/91 bestimmte ich die Inhalte der Ösophagi und Drüsenmägen von insgesamt 376 Eiderenten, 230 Trauerenten, 4 Eisenten und 1 Samtente. Nur der Probenumfang der beiden erstgenannten Arten ist für quantitative Aussagen ausreichend. Die Inhalte der Muskelmägen wurden nicht berücksichtigt, weil die verschiedenen Nährtiere unterschiedlich schnell verdaut werden und die qualitative Bestimmung schwierig und zeitaufwendig ist (BRIGGS et al. 1985; KIRCHHOFF 1979; SWENNEN 1976). Meeresenten verschlucken ihre Beutetiere als Ganzes. Diese werden erst im Magen mechanisch zerkleinert und dann verdaut. Bei einer Passiergeschwindigkeit hartschaliger Mollusken durch den Verdauungstrakt von ca. einer Stunde (SWENNEN 1976), kann mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß die im Ösophagus noch unbeschädigt vorhandenen Beutetiere am Fangort, also an der Position des Stellnetzes aufgenommen wurden.

Die Herkunftsorte der Enten sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Nahrungsproben des Untersuchungswinters 1990/91 allein repräsentieren nicht die Nahrungszusammensetzung der Meeresenten in bezug auf das gesamte Gebiet der Kieler Bucht. Sie wurden nach den Erfordernissen der Fragestellung aus dem zur Verfügung stehenden Material ausgewählt. Es werden sehr viele Enten von den Fischern angelandet; ein Hauptproblem dieser Arbeit bestand jedoch darin, für die drei verschiedenen Datensätze (Vogelbestand, Molluskenbestand, Nahrungszusammensetzung) ein Material zu sammeln, das in der Auswertung auch vergleichbar ist.

Eine besonders gute Vergleichbarkeit ist für die Daten der Position "Kolberger Heide (12)" gegeben. Von dieser Probefläche liegt Entenmaterial aus einem Stellnetz vor, das ein bereits beprobtes Transekt in der Nähe einer mittig liegenden Station schnitt (Distanz zur Station 3 ca. 30- 80 m bei einer Toleranz für das Decca-Navigationsgerät des Fischers von 50 m).



### 3.3.2. Bearbeitung der Nahrungsproben

Die von Enten gefressenen Mollusken wurden nach der selben Methode wie die Mollusken aus den Benthosproben vermessen. Alle Beutetiere einer jeden Ente wurden nach Möglichkeit bis auf das Niveau der Art bestimmt, teilweise aber auch nach praktischen Gesichtspunkten unter höheren Taxa zusammengefaßt (z.B. die Arten der Gattung *Cerastoderma*, die *Astarte*-Arten und die Polychaeten). Nach diesen Gruppen getrennt wurden die Individuenzahlen und - nach Trocknung auf Fließpapier - die Gesamtfeuchtgewichte notiert (s.o.). Zur Beschreibung der relativen Zusammensetzung der Entennahrung wird hier die Bezugsgröße "Feuchtgewicht in Gramm" beibehalten, um die Vergleichbarkeit mit vorhandenen Literaturdaten zu wahren.

## 3.4. Statistische Verfahren

### 3.4.1. Zum Nahrungsangebot

Die mit dem Van-Veen-Greifer gewonnenen Benthosproben sollen dazu dienen, Aussagen über eine unbekannte Grundgesamtheit zu machen. Es ist deshalb notwendig zu prüfen, ob diese Stichproben auch tatsächlich geeignet sind, um diese Grundgesamtheit mit einer hinreichenden Genauigkeit zu beschreiben.

Eine Benthosprobe soll eine repräsentative Aussage machen über:

- die Abundanz der Makrozoobenthosarten ( $\geq 2$  mm) an einer Station;
- die Biomasse der Makrozoobenthosarten ( $\geq 2$  mm) an einer Station;
- die Gesamtartenzahl einer Station (d.h. Anzahl aller an einer Station vorhandenen Makrozoobenthosarten  $\geq 2$  mm);
- die Größenklassenverteilung der an einer Station häufigsten Muschelart.

#### 3.4.1.1. Abundanz und Biomasse

Besteht die Gesamtprobe einer Station aus  $N$  Parallelproben ( $N > 2$ ), dann kann die Verlässlichkeit der beiden Parameter Abundanz und Biomasse durch die Standardabweichung  $S.D.$  (oder  $s$ ) bzw. den Standardfehler  $S.E.$  (oder  $S_x$ ) des Mittelwertes abgeschätzt werden. Ebenso kann auch aus Mittelwert und Standardabweichung von Abundanz- oder Biomassewerten die Mindestzahl von Proben berechnet werden, die notwendig ist, um eine vorgegebene Genauigkeit  $D$  zu erreichen ( $D = \text{Standardfehler des Mittelwertes in Prozent des Mittelwertes}$ ;  $\text{Standardfehler} \cdot 1,96 = 95\text{-Vertrauensbereich}$ ) (ELLIOT 1971). Für benthoskundliche Arbeiten wird empfohlen, daß der Standardfehler möglichst nicht mehr als 20% des Mittelwertes der Parallelproben betragen sollte (BREY 1984).

Diese Berechnungen wurden mit den an den Positionen "Stoller Grund (7)", "Marienfelde (9)", "Kolberger Heide (12)" und "Schlauch (16)" ermittelten Daten durchgeführt.

Die Ergebnisse zur jahreszeitlichen Entwicklung der Biomasse an den einzelnen Stationen der Positionen "Stoller Grund (7)", "Marienfelde (9)" und "Kolberger Heide (12)" werden als arithmetisch gemittelte Werte mit den dazugehörigen Standardabweichungen graphisch dargestellt. Diese Parameter dienen hier aber nur als Kenngrößen im Sinne einer beschreibenden Statistik.

Um die zwischen den einzelnen Monaten erwarteten Unterschiede auf Signifikanz zu prüfen, wurden die metrischen Daten auf ein ordinales Skalenniveau reduziert und parameterfrei getestet (MANN-WHITNEY U-TEST, nach SACHS 1984).

### 3.4.1.2. Gesamtartenzahl und Größenklassen

Um die Gesamtartenzahl der Stationen und die mit fünf Parallelproben erreichte Ausbeute schätzen zu können, wurde das in der Benthoskunde übliche Verfahren der kumulativen Arten-Areal-Kurve angewendet (GLEASON 1922). Diese Kurve zeigt in der Regel, daß sich die Zahl der gefundenen Arten mit zunehmender Probenzahl (also größerer beprobter Fläche) asymptotisch einem Grenzwert nähert, welcher der maximalen Artenzahl des untersuchten Areals entspricht. Zur Minimierung von Zufallseinflüssen auf den Kurvenverlauf wird nach WEINBERG (1978) die mittlere Artenzahl  $AZ_X$  für  $X$  Proben durch Mittelung der Artenzahlen aller möglichen Kombinationen  $C_N^X$  berechnet:

$$C_N^X = N! / X! \cdot (N - X)!$$

$N$  = Gesamtprobenzahl;  $X = 1, 2, 3 \dots N$ ;  $0! = 1$

Mit den erhaltenen Wertepaaren  $X, AZ_X$  wird die Kurve konstruiert und durch Extrapolation erhält man dann einen Schätzwert  $AZ_N$  für die Gesamtartenzahl. Nach Setzung der Gesamtartenzahlen  $AZ_N = 100\%$  konnte die relative Ausbeute für fünf Parallelproben einer jeden quantitativ betrachteten Station sowie der Station "Schlauch (16)" graphisch ermittelt werden (auch die Gesamtartenzahl bezieht sich in dieser Arbeit nur auf Makrofaunaorganismen  $> 2$  mm).

Das Verfahren der Gesamtartenzahlbestimmung wird in dieser Arbeit auf die Bestimmung der "Gesamtgrößenklassenzahl" übertragen. Es wird damit untersucht, ob  $N = 5$  Parallelproben ausreichen, um die Größenklassenverteilung der Miesmuschel (*Mytilus edulis* L.) auf den Probeflächen Kolberger Heide(12), Stoller Grund (7) und Marienfelde (9) (Abb. 4) zu repräsentieren. Dabei ging ich analog zu der oben beschriebenen Methode vor.  $AZ_X$  wurde ersetzt durch die mittlere Größenklassenzahl  $GZ_X$ , um damit die Gesamtgrößenklassenzahl  $GZ_N$  zu schätzen.

Die Gesamtgrößenklassenzahl ist hier definiert als die Anzahl von Größenklassen an einer Station in Intervallen von zwei Millimetern ( 1,1 mm - 3,0 mm ; 3,1 mm - 5,0 mm ; . . . 49,1 - 51,0 ), denen nach der durchgeführten Schätzung theoretisch wenigstens ein Individuum zugeordnet werden könnte (also die Anzahl an einer Station maximal vorhandener Größenklassen).

Als Kenngrößen zur Beschreibung der mittleren Größe der an einer Station zur Verfügung stehenden Beutetiere werden Medianwerte angegeben. Auf unterschiedliche Verteilungsform wird parameterfrei nach KOLMOGOROFF-SMIRNOW getestet (in SACHS 1984).

#### 3.4.2. Zur Nahrungszusammensetzung

Analog zu den unter 3.4.1. beschriebenen Methoden wurde geprüft, wieviele Enten untersucht werden müssen, um für die einzelnen Netzpositionen eine repräsentative Aussage über die Nahrungszusammensetzung der dort gefangenen Eiderenten und Trauerenten machen zu können. Dabei wurden jeweils die Enten einer Art als Parallelproben "N" wie die Greiferproben betrachtet. In "N" Enten wurden insgesamt "n" Beutetiere gefunden; "n/N" entspricht der durchschnittlichen Ösophagusfüllung einer Entenart an der bestimmten Position. "AZ<sub>x</sub>" und "GZ<sub>x</sub>" entsprechen der mittleren Artenzahl bzw. der mittleren Größenklassenzahl von Beutetieren in der dort gefundenen Nahrung.

Zur Bilanzierung der Konsumtion der Meeresenten gegen die Reduktion des Molluskenbestandes siehe Kapitel 5.1.4.

## 4. Ergebnisse

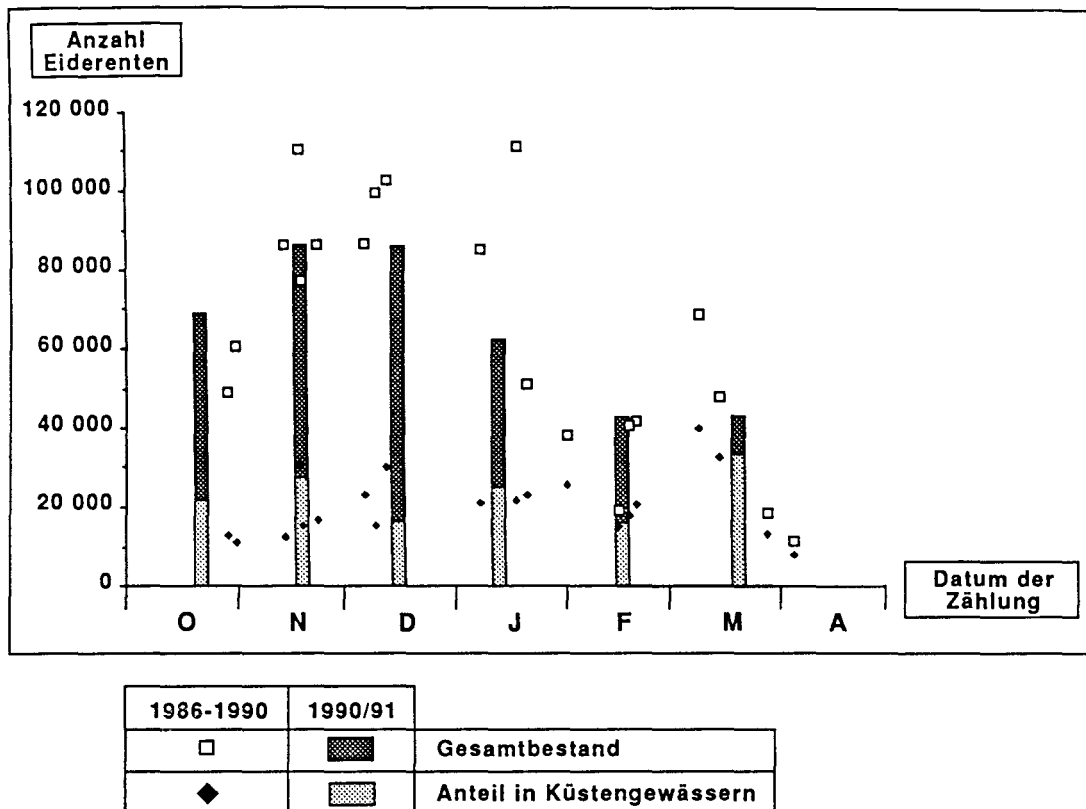
### 4.1. Der Bestand und die Verteilung der Meeresenten im Untersuchungsgebiet im Winter (1990/91)

Die vom 21. Oktober 1990 bis zum 17. März 1991 im Untersuchungsgebiet durchgeführten Flugzeugzählungen ergaben für die drei hier betrachteten Meeresentenarten sehr unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich ihrer Phänologien und ihrer Verteilung. Es werden jeweils die Summen der sich in den beiden verschiedenen Gebietstypen (Flachgrund und Küstengewässer) aufhaltenden Individuen betrachtet und miteinander verglichen.

#### 4.1.1. Die Phänologie der Eiderente (Abb.9)

Die Eiderente hatte im Oktober bereits einen Bestand von fast 70.000 Exemplaren erreicht. Der größte Teil hielt sich im Norden bzw. im Nordwesten des Untersuchungsgebietes über küstenfernen Flachgründen auf (ca. 12.000 auf dem Vejsnæs Flack, ca. 11.000 auf dem Breitgrund). Gebiete mit hohen Beständen waren außerdem der Kalkgrund (ca. 7.000), der Flüggesand (ca. 5.000) und die Sagasbank (ca. 9.000). Nur knapp 32% des Gesamtbestandes hielt sich in den Küstengewässern auf, obwohl diese mehr als 80% der im Untersuchungsgebiet durch die Flugroute abgedeckten Fläche stellen.

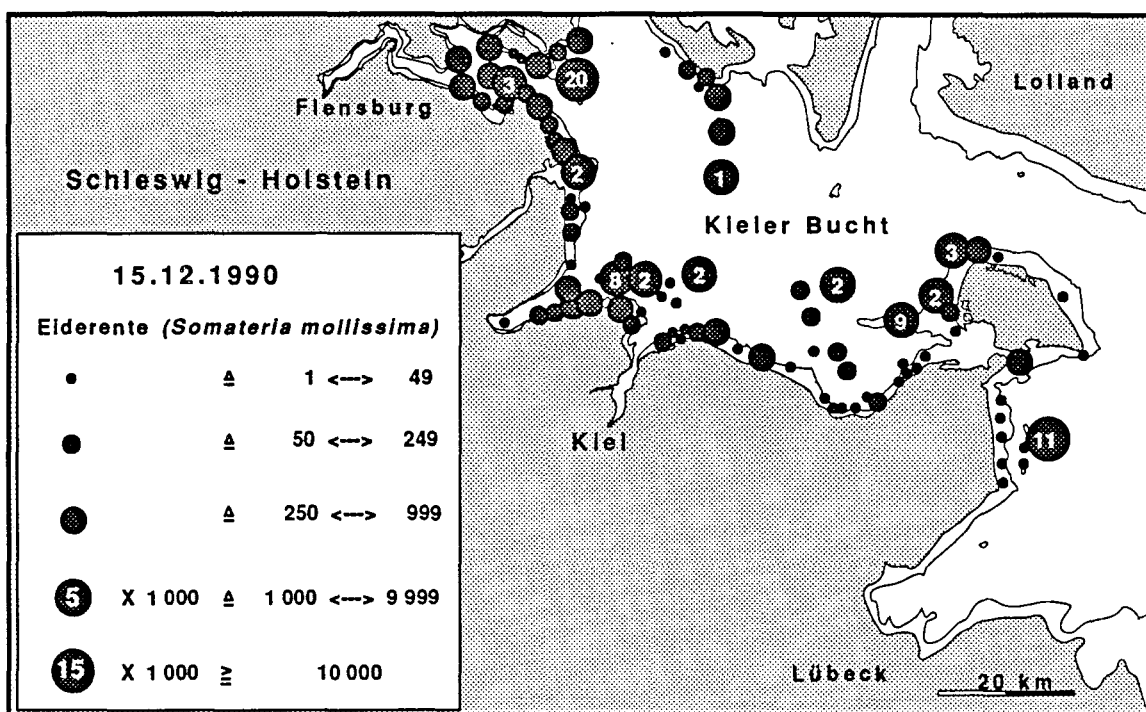
Nach leichten Verlagerungen wurde bereits im November ein maximaler Winterbestand von etwas über 86.000 Exemplaren gezählt; die Zunahmen von Oktober bis November fanden hauptsächlich auf dem Stoller Grund und auf der Sagasbank statt (ca. 11.000 bzw. ca. 20.000 im November auf diesen Flachgründen). Bis Mitte Dezember blieb der Gesamtbestand der Eiderente konstant. Der Anteil auf den Flachgründen nahm gegenüber dem in den Küstengewässern noch leicht zu.



**Abb. 9:** Die Phänologie der Eiderente (*Somateria mollissima*) im Untersuchungsgebiet nach den Ergebnissen von sechs monatlichen Flugzeugzählungen.

Die gestapelten Säulen repräsentieren den Gesamtbestand. Die unterschiedlichen Zeitabstände der Zählungen sind auf der Abzisse berücksichtigt.

Abb.10 zeigt exemplarisch eine typische Mittwinterverteilung der Eiderente im Untersuchungsgebiet. Nur die Bestandszahl für den Kalkgrund ist für diese Jahreszeit unverhältnismäßig niedrig, weil das Gebiet gerade während der Zählung durch Bootsverkehr gestört wurde. Die Verbreitungsschwerpunkte liegen auf den Flachgründen. In den Küstengewässern wurden in den folgenden Gebieten regelmäßig große Ansammlungen beobachtet: vor der Schleimündung (siehe Position 4), bei Surendorf (im Südostteil der Eckernförder Bucht), vor Marienfelde (siehe Position 9), an der Kolberger Heide (siehe Positionen 12 und 13) und an der Westküste der Insel Fehmarn (Lage der genannten Positionen siehe Abb.6).



**Abb. 10:** Die Verteilung der Eiderente (*Somateria mollissima*) im Untersuchungsgebiet am 15. Dezember 1990

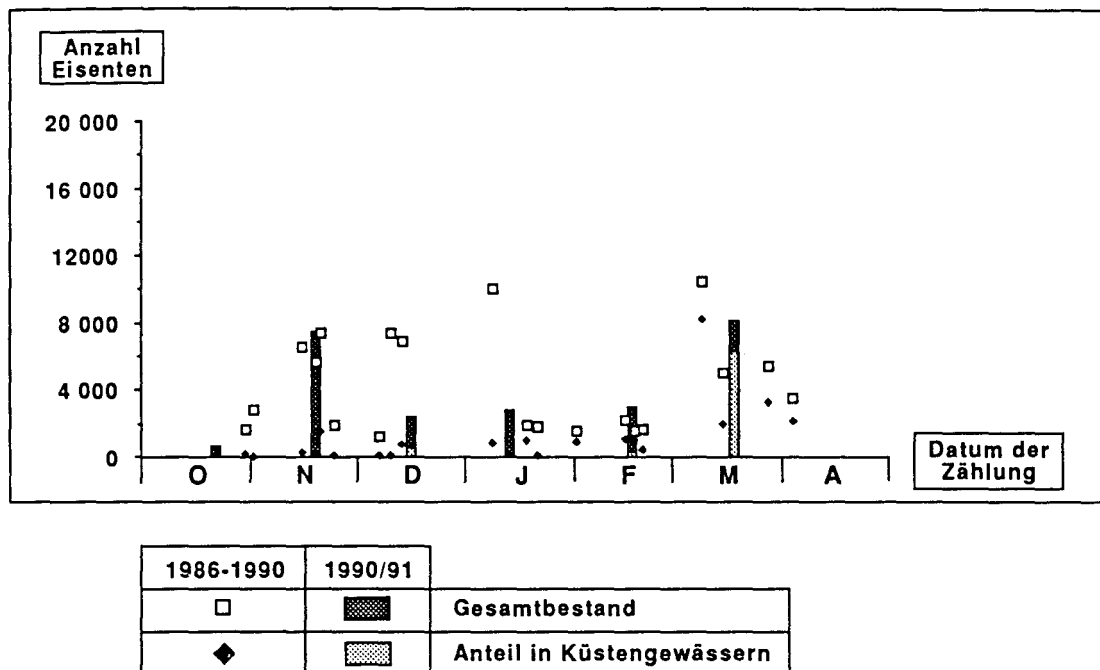
Die Zählung vom 12. Januar 1991 ergab im Vergleich zum Dezember deutlich niedrigere Zahlen auf den Flachgründen. Mehr als 30.000 Eiderenten hatten diese zunächst bevorzugten Gebiete verlassen. Über ihren Verbleib besteht Ungewißheit, denn die Anzahl in den Küstengewässern nahm nicht in gleichem Maße zu (nur um ca. 8.600 Individuen). Bezogen auf die schleswig-holsteinischen Küstenstrecken blieb der Bestand nahezu konstant. Größere Schwärme hatten sich vor den Inseln Kegnæs, Als und Ærø auf der relativ kleinen Fläche der durch die Flugroute mit abgedeckten dänischen Küstengewässer versammelt.

Von Mitte Januar bis Mitte Februar verringerte sich der Gesamtbestand der Eiderente weiter. Nach einer kalten Ostwindwetterlage wurden am 16. Februar bei außerordentlich guten Sichtverhältnissen nur noch ca. 43.000 Individuen im Untersuchungsgebiet gezählt. Der Frühjahrszug kann mit dem aus diesem Untersuchungswinter vorliegenden Datenmaterial nicht dokumentiert werden. Das Ergebnis zur Höhe des Gesamtbestandes am letzten Zähltermin im März liegt nur unwesentlich über dem des Vormonats. Es ist aber bemerkenswert, daß sich im März nur noch ca. 21% der im Untersuchungsgebiet registrierten Eiderenten auf den Flachgründen und hingegen fast 78% in den flachen Küstengewässern aufhielten. Die restlichen 1% wurden im Tiefwassergebiet "Stoller Grund Rinne" beobachtet.

#### 4.1.2. Die Phänologie der Eisente (Abb.11)

Im Untersuchungswinter 1990/91 zeigte die Phänologie der Eisente eine deutlich zweigipfelige Verteilung. Die Eisente tritt in wesentlich geringerer Anzahl als die Eiderente auf und erreicht das Überwinterungsgebiet etwas später. Ein relatives Maximum mit ca. 7.500 gezählten Exemplaren wurde am 18. November festgestellt. Danach nahm der Bestand zum Dezember hin deutlich auf ca. 2.400 ab und blieb bis Mitte Februar niedrig (ca. 2.800 im Januar, ca. 3.000 im Februar). Während dieses Zeitraumes hielten sich weit mehr als 80% des Gesamtbestandes fern von der Küste auf den Flachgründen oder in Tiefwassergebieten auf (Abb.11 und 12).

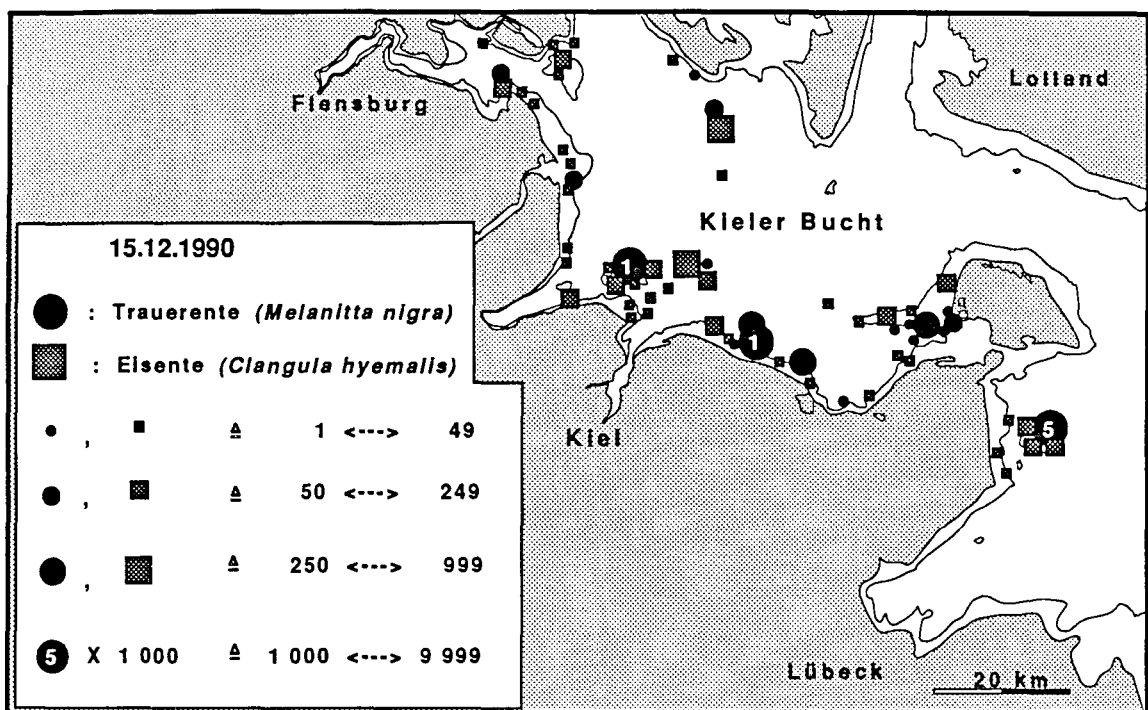




**Abb. 11:** Die Phänologie der Eisente (*Clangula hyemalis*) im Untersuchungsgebiet nach den Ergebnissen von sechs monatlichen Flugzeugzählungen.

Die gestapelten Säulen repräsentieren den Gesamtbestand. Die unterschiedlichen Zeitabstände der Zählungen sind auf der Abzisse berücksichtigt.

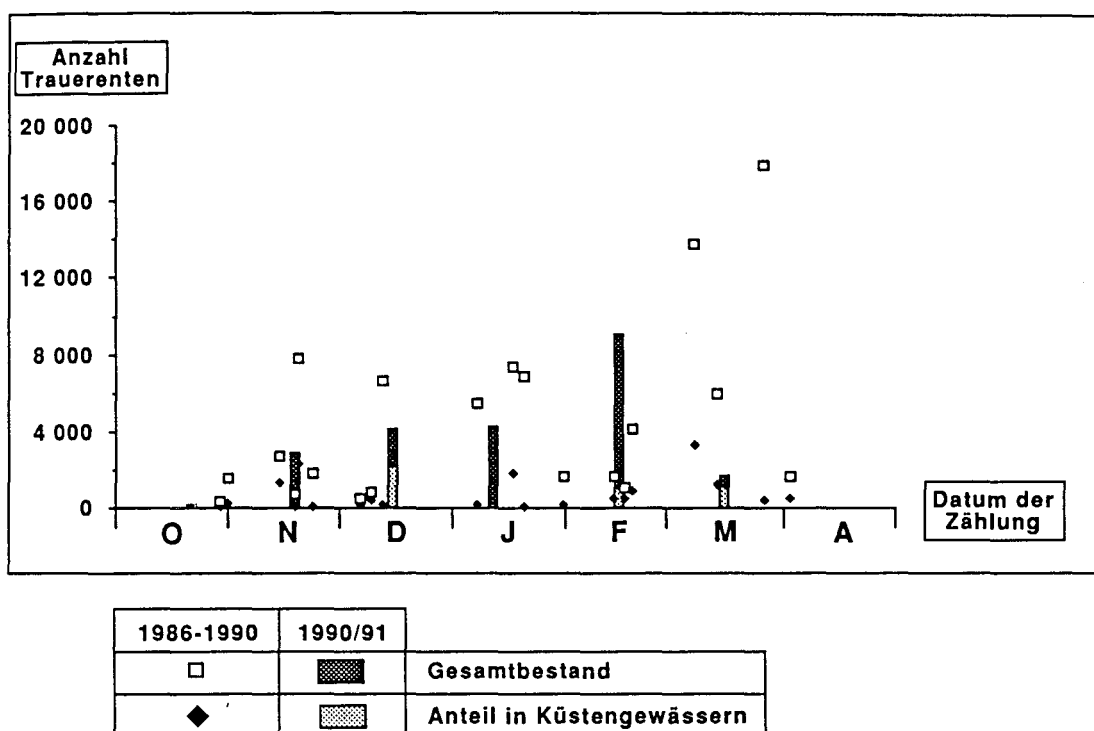
Bevorzugte Gebiete waren das Vejsnæs Flack, das Gabelsflach, die Sagasbank und zeitweilig der Flüggesand. Erst im Frühjahr stiegen die Bestände vor allem in den Küstengewässern deutlich an. Sie erreichten im März ein absolutes Maximum von ca. 8.200 Individuen; davon ca. 6.400 in den Küstengewässern mit einem deutlichen Verbreitungsschwerpunkt vor der Hohwachter Bucht (Lage der Hohwachter Bucht siehe Abb.1 und 6).



**Abb. 12:** Die Verteilung der Eisente (*Clangula hyemalis*) und der Trauerente (*Melanitta nigra*) im Untersuchungsgebiet am 15. Dezember 1990

## 4.1.3. Die Phänologie der Trauerente (Abb.13)

Der Winterbestand der Trauerente war mit ca. 2.900 bis ca. 4.300 gezählten Exemplaren ebenso wie der der Eisente niedrig. Ein Schwerpunkt des Vorkommens lag auf der Sagasbank, bei einigen Zählungen auch auf dem Stoller Grund und dem Flüggesand (Abb.12).



**Abb. 13:** Die Phänologie der Trauerente (*Melanitta nigra*) im Untersuchungsgebiet nach den Ergebnissen von sechs monatlichen Flugzeugzählungen.

Die gestapelten Säulen repräsentieren den Gesamtbestand. Die unterschiedlichen Zeitabstände der Zählungen sind auf der Abzisse berücksichtigt.

Größere Schwärme wurden von Monat zu Monat auf jeweils verschiedenen Flachgründen gesichtet, ohne daß eine Regelmäßigkeit erkennbar wäre. Oftmals befanden sich die Trupps nicht im Zentrum eines Flachgrundes, sondern in den Randbereichen, wie zum Beispiel an der Nordkante des Stoller Grund. Wenn Trauerenten in größerer Anzahl in Küstengewässern erfaßt wurden, dann befanden sie sich immer in großer Distanz zum Strand (z.B. im Dezember vor dem Schönberger Strand im Übergangsbereich zum Tiefwassergebiet).

Am 16. Februar wurde ein deutliches Maximum von etwas mehr als 9.000 Trauerenten erfaßt. Diese hielten sich auch zu dieser fortgeschrittenen Jahreszeit zu einem ganz überwiegenden Anteil fern von der Küste auf. Es wurden auf dem Stoller Grund 4.800 und auf der Sagasbank 2.200 Exemplare gezählt; also mehr als 77% allein in diesen Gebieten. In den Küstengewässern hingegen hielten sich weniger als 12% des Gesamtbestandes auf. Dieses Verhältnis verschob sich wesentlich bis zum 17. März. Bei dieser späten und letzten Zählung wurde erstmalig ein bemerkenswerter Anteil von fast 66% (ca. 1.100) in den Küstengewässern festgestellt. Der Gesamtbestand war bis zu diesem Zeitpunkt auf ca. 1.700 Trauerenten abgesunken.

#### 4.2. Die Bestandsentwicklung der Meeresenten auf den Probeflächen

Die Bestandsentwicklungen der Eiderente und der Trauerente auf den Probeflächen spiegeln im Wesentlichen die für das ganze Untersuchungsgebiet gefundenen Verhältnisse wider. Eisenten wurden den Winter über insbesondere am Gabelsflach in großer Anzahl angetroffen (Position 8, Abb.6). Im November wurden 970 Individuen dieser Art auf der Probefläche und ca. 3.500 im ganzen Bereich des Gabelsflach gezählt. Mit Ausnahme des Stoller Grund kamen auf den im Folgenden ausführlicher beschriebenen Probeflächen nur relativ wenige Eisenten vor. Da es sich bei diesen Probeflächen nicht um Verbreitungsschwerpunkte der Eisente handelt, sind sie nicht geeignet, um die Phänologie dieser Art im Untersuchungsgebiet zu repräsentieren.

#### 4.2.1. Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Stoller Grund (7)

Im Herbst war die Eiderente die auf der Probefläche Stoller Grund (7) häufigste Entenart. Ein dichter Schwarm von ca. 7.500 Individuen wurde dort am Tag der ersten Benthosprobennahme vom Schiff aus gezählt. Das entspricht einer Dichte von ca. 2.500 Eiderenten pro km<sup>2</sup>. Gleichzeitig hielten sich ca. 500 Eisenten und 150 Trauerenten dort auf (Tab. 1). Zu dieser Zeit war die ausgewählte Fläche der von der Eiderente auf dem Stoller Grund am intensivsten genutzte Bereich (Gesamtfläche des Stoller Grund nach planimetrischer Messung aus der Seekarte D 30 innerhalb der 10 m-Tiefenlinie ca. 15,6 km<sup>2</sup>).

Innerhalb der folgenden Wochen verschob sich der Verteilungsschwerpunkt in östliche Richtung, so daß der Bestand auf der Probefläche allmählich abnahm. Die Zahlen für den ganzen Stoller Grund und auch für den Gesamtbestand des Untersuchungsgebietes nahmen hingegen in dieser Zeit noch zu (s.o.). Am 15. Dezember wurden auf der 3 km<sup>2</sup> großen Probefläche noch ca. 4.000 Eiderenten gezählt (ca. 1.333 Eiderenten pro km<sup>2</sup>); der Bestand des Stoller Grund hatte mit mehreren großen Schwärmen eine Höhe von fast 11.000 Eiderenten erreicht (ca. 700 Eiderenten pro km<sup>2</sup>).

Sowohl auf der Probefläche als auch auf dem gesamten Flachgrund sanken die Zahlen der Eiderente dann bis zum nächsten Zähltermin drastisch ab. Am 12. Januar wurden nur noch 300 Exemplare auf der Probefläche und 3.500 auf dem Stoller Grund erfaßt. In den folgenden Monaten sank der Bestand des Stoller Grund weiter ab, der Bestand der Probefläche blieb niedrig.

Die Bestandsentwicklung der Trauerente verlief unregelmäßig. Hohe Zahlen traten sowohl auf der Probefläche als auch auf der Gesamtfläche des Stoller Grund am 22. Januar und am 16. Februar auf; zu einer Zeit also, als der größte Teil der Eiderenten diese Gebiete bereits verlassen hatte (Zahlenangaben in Tab.1).

Der Untersuchungszeitraum für diese Probefläche betrug 146 Tage. Über 92% der dort zugebrachten "Eiderententage" fallen auf den Zeitraum zwischen der ersten und der zweiten Benthosprobennahme (Definition der "Vogeltage" siehe Kapitel 3.1.).

Tab. 1:

**Bestandsentwicklung der Meeresenten auf der Probefläche Stoller Grund (7) im Zeitraum zwischen der ersten und der letzten Benthosprobennahme.**

Dargestellt sind die Zählergebnisse von vier Schiffszählungen "S" und fünf Flugzeugzählungen "F". (Fettdruck)

Aus den Ergebnissen "n" zweier aufeinanderfolgender Zählungen wurden Mittelwerte gebildet:  $\bar{n} = (n_i / 2 + n_{i+1} / 2)$ . Dabei ist "n<sub>i</sub>" das Ergebnis der "i"-ten Zählung und "i" = 1, 2, 3, . . . 9. (Schlichtdruck)

Die Summe aller " $\bar{n}$ " multipliziert mit der Anzahl der dazugehörigen "Tage" ergibt die auf der Fläche bis zur i-ten Zählung verbrachten Vogeltage " $\sum \bar{n}$  Tage". (Fettdruck und unterstrichen).

Nummer (i) und Art der Zählung Stoller Grund (7)	Datum (Tage)	Eiderente n ( $\bar{n}$ )	Eisente n ( $\bar{n}$ )	Trauerente n ( $\bar{n}$ )
1) S	31. 10. 1990 (19)	7.500 (6.000)	500 (250)	150 (675)
2) F	18. 11. 1990 (27)	4.500 (4.250)	0 (0)	1.200 (600)
3) F	15. 12. 1990 (28)	4.000 (2.150)	0 (15)	0 (30)
4) F	12. 01. 1991 (10)	300 (250)	30 (215)	60 (1.030)
5) S	22. 01. 1991	200	400	2.000
$\sum$ Tage (1 bis 5)	(84)			
$\sum$ Vogeltage (1 bis 5) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(291.450)	(7.320)	(40.165)
	(25)	(350)	(700)	(3.000)
6) F	16. 02. 1991 (2)	500 (650)	1.000 (600)	4.000 (2.425)
7) S	18. 02. 1991 (27)	800 (490)	200 (100)	850 (427)
8) F	17. 03. 1991 (8)	180 (175)	0 (10)	0 (0)
9) S	25. 03. 1991	170	20	0
$\sum$ Tage (6 bis 9)	(62)			
$\sum$ Vogeltage (6 bis 9) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(24.680)	(21.480)	(91.379)
$\sum \sum$ Tage (1 bis 9)	(146)			
$\sum \sum$ Vogeltage (1 bis 9) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(316.130)	(28.800)	(131.444)

#### 4.2.2. Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Marienfelde (9)

Die Probefläche Marienfelde (9) wurde weniger intensiv, aber kontinuierlicher als der Stoller Grund von den Meeresenten genutzt. Im Herbst waren die Bestände aller drei Arten dort niedrig, stiegen über den Winter hin allmählich an und erreichten ihre Maxima Mitte März (siehe Tab. 2). In der zweiten Winterhälfte hielten sich auf dieser Probefläche mehr als doppelt so viele Enten auf wie während der ersten; d.h. das Verhältnis in diesem Küstengewässer ist gerade umgekehrt zu dem des in der Nähe liegenden Flachgrundes Stoller Grund.

#### 4.2.3. Die Bestandsentwicklung auf der Probefläche Kolberger Heide (12)

Das Gebiet Kolberger Heide am östlichen Ausgang der Kieler Förde wurde bereits im Oktober von den Eiderenten genutzt. Am ersten November hielten sich auf der eingerichteten Probefläche 1.500 Eiderenten auf (Tab.3). Sieht man von einem niedrigen Zählergebnis am 15. Dezember ab, das durch störende Fischerboote beeinträchtigt wurde, dann ist festzustellen, daß der Entenbestand in diesem Gebiet bis Mitte Februar fast kontinuierlich anstieg. Das hier erreichte Maximum von 3.600 Eiderenten fällt in einen Zeitraum, in dem der Gesamtbestand des Untersuchungsgebietes bereits deutlich abgesunken war (vgl. Tab.3 und Abb.8). Diese an der Küste gelegene Probefläche wurde ebenfalls in der zweiten Winterhälfte intensiver genutzt als in der ersten Winterhälfte. Es handelt sich um ein ausgesprochenes Eiderentennahrungsgebiet.

Tab. 2:

**Bestandsentwicklung der Meeresenten auf der Probefläche Marienfelde (9) im Zeitraum zwischen der ersten und der letzten Benthosprobennahme.**

Dargestellt sind die Zählergebnisse von vier Schiffszählungen "S" und fünf Flugzeugzählungen "F". (Fettdruck)

Aus den Ergebnissen "n" zweier aufeinanderfolgender Zählungen wurden Mittelwerte gebildet:  $\bar{n} = (n_i / 2 + n_{i+1} / 2)$ . Dabei ist "n<sub>i</sub>" das Ergebnis der "i"-ten Zählung und "i" = 1, 2, 3, ... 9. (Schlichtdruck)

Die Summe aller " $\bar{n}$ " multipliziert mit der Anzahl der dazugehörigen "Tage" ergibt die auf der Fläche bis zur i-ten Zählung verbrachten Vogeltage " $\sum \bar{n}$  Tage". (Fettdruck und unterstrichen)

Nummer (i) und Art der Zählung Marienfelde (9)	Datum (Tage)	Eiderente n ( $\bar{n}$ )	Eisente n ( $\bar{n}$ )	Trauerente n ( $\bar{n}$ )
1) S	31. 10. 1990 (19)	302 (379)	30 (15)	15 (7,5)
2) F	18. 11. 1990 (27)	456 (444)	0 (7,5)	0 (0)
3) F	15. 12. 1990 (28)	432 (583,5)	15 (9,5)	0 (0,5)
4) F	12. 01. 1991 (10)	735 (772,5)	4 (10,5)	1 (27)
5) S	22. 01. 1991	810	17	53
$\sum$ Tage (1 bis 5)	(84)			
$\sum$ Vogeltage (1 bis 5) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(43.252,0)	(858,5)	(426,5)
	(25)	(761)	(8,5)	(106,5)
6) F	16. 02. 1991 (2)	712 (856)	0 (95)	160 (180)
7) S	18. 02. 1991 (27)	1.000 (1.600)	190 (280)	200 (315)
8) F	17. 03. 1991 (8)	2.200 (1.720)	370 (345)	430 (217,5)
9) S	25. 03. 1991	1.240	320	5
$\sum$ Tage (6 bis 9)	(62)			
$\sum$ Vogeltage (6 bis 9) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(77.697)	(12.635)	(13.267,5)
$\sum \sum$ Tage (1 bis 9)	(146)			
$\sum \sum$ Vogeltage (1 bis 9) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(120.949)	(13.493,5)	(13.694)



Tab. 3:

**Bestandsentwicklung der Meeresenten auf der Probefläche Kolberger Heide-W (12) im Zeitraum zwischen der ersten und der letzten Benthosprobennahme.**

Dargestellt sind die Zählergebnisse von fünf Schiffszählungen "S" und fünf Flugzeugzählungen "F". (Fettdruck)

Aus den Ergebnissen "n" zweier aufeinanderfolgender Zählungen wurden Mittelwerte gebildet:  $\bar{n} = (n_i / 2 + n_{i+1} / 2)$ . Dabei ist "n<sub>i</sub>" das Ergebnis der "i"-ten Zählung und "i" = 1, 2, 3, ... 10. (Schlichtdruck)

Die Summe aller " $\bar{n}$ " multipliziert mit der Anzahl der dazugehörigen "Tage" ergibt die auf der Fläche bis zur "i"-ten Zählung verbrachten Vogeltage " $\sum \bar{n}$  Tage". (Fettdruck und unterstrichen)

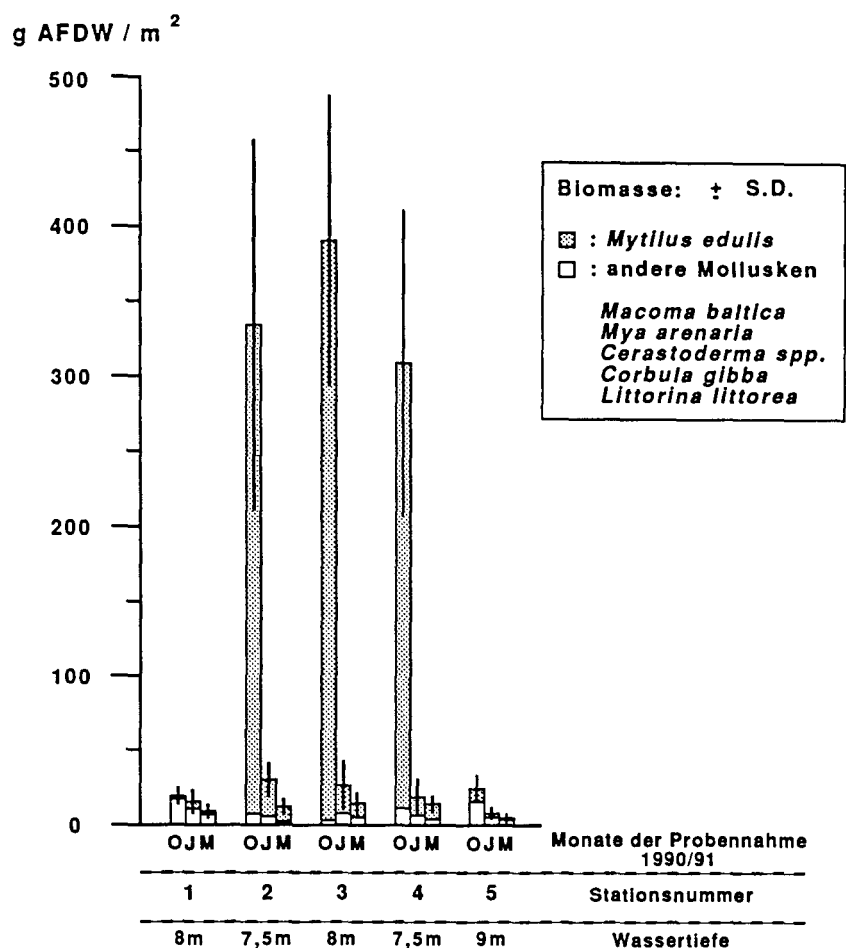
Nummer (i) und Art der Zählung Kolberger Heide-W (12)	Datum (Tage)	Eiderente n ( $\bar{n}$ )	Eisente n ( $\bar{n}$ )	Trauerente n ( $\bar{n}$ )
1) S	1.11.1990	1.500	350	120
	(8)	(1.750)	(375)	(160)
2) S	8.11.1990	2.000	400	200
	(10)	(1.945)	(200)	(100)
3) F	18.11.1990	1.890	0	0
	(27)	(982,5)	(0)	(0)
4) F	15.12.1990	75	0	0
	(28)	(1.137,5)	(35)	(0)
5) F	12.1.1991	2.200	70	0
	(12)	(2.700)	(135)	(25)
6) S	24.1.1991	3.200	200	50
$\sum$ Tage (1 bis 6)	(85)			
$\sum$ Vogeltage (1 bis 6) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(124.227,5)	(7.600)	(285)
	(23)	(3.400)	(101,5)	(0)
7) F	16.2.1991	3.600	3	0
	(29)	(2.450)	(36,5)	(0)
8) F	17.3.1991	1.300	70	0
	(10)	(1.150)	(160)	(0)
9) S	27.3.1991	1.000	250	0
	(1)	(1.025)	(131)	(0)
10) S	28.3.1991	1.050	12	0
$\sum$ Tage (7 bis 10)	(63)			
$\sum$ Vogeltage (7 bis 10) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(161.775)	(5.124)	(0)
$\sum \sum$ Tage (1 bis 10)	(148)			
$\sum \sum$ Vogeltage (1 bis 10) = ( $\sum \bar{n}$ Tage)		(286.002,5)	(12.724)	(285)

#### 4.3. Die saisonale Entwicklung des Molluskenbestandes auf den Probeflächen

##### 4.3.1. Die Stationen der Probefläche Stoller Grund (7)

Die fünf Stationen der Benthosentnahme am Stoller Grund liegen auf einer in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Achse in einem schwach ausgeprägten, unregelmäßigen Tiefenprofil. Wie aus den Greiferproben und den Videoaufnahmen zu sehen war, handelt es sich um ein sandiges Areal, in dem vereinzelt größere Steine liegen. Die nördlichste Station wurde als "Station 1" bezeichnet und hat eine Wassertiefe von 8 m. Die Stationen 2, 3, 4 bzw. 5 haben Wassertiefen von 7,5 m, 8 m, 7,5m bzw. 9 m. Die Verbindungslinie zwischen diesen Stationen wird als Transekt bezeichnet; dieses schneidet den Stoller Grund an seiner flachsten Stelle (Abb.1 und Abb.6).

Die Stationen 1 und 5 liegen an der Peripherie des durch die 10 m-Tiefenlinie definierten Flachgrundes (8 m bzw. 9 m Wassertiefe). Dahinter fällt die Wassertiefe jeweils recht zügig bis auf Tiefen unterhalb von 15 m ab (Abb.1). Diese äußeren Stationen zeigten die typische Artenzusammensetzung der *Macoma baltica* -Gemeinschaft. *Macoma baltica* war an allen Terminen hinsichtlich ihrer Abundanz und Biomasse die dominante Molluskenart. Es folgten in bezug auf ihren Biomassenanteil die Arten *Mya arenaria* und *Mytilus edulis*. *Mytilus edulis* kam nur sehr vereinzelt vor und wurde mit den fünf Parallelproben an diesen beiden Stationen nicht repräsentativ erfaßt (relative Standardfehler der Mittelwerte  $D = 39\%$  für Station 1 und  $D = 34\%$  für Station 5). Für die Beschreibung der Gesamtbiomasse war der Stichprobenumfang ausreichend ( $D = 16\%$  bzw.  $13\%$ ). Sie lag auf der Station 1 bei  $19,25 \text{ gAFTG/m}^2$  (S.D. = 5,52) und auf der Station 5 bei  $24,23 \text{ gAFTG/m}^2$  (S.D. = 8,96) (Abb.14). Vom 31. Oktober bis zum 25. März verringerte sich die Molluskenbiomasse auf der Station 1 um ca. 53 % und auf der Station 5 um ca. 80%. Diese beiden Stationen waren sich hinsichtlich der vorgefundenen Sedimentstruktur (feiner Sand bis schlickiger Sand) und der Artenzusammensetzung recht ähnlich. Der Mytilusanteil war an der Station 5 allerdings ca. fünffach höher; die saisonale Reduktion der Biomasse erfolgte dort abrupt und zwar in der ersten Winterhälfte.



**Abb. 14:** Die Entwicklung der Molluskenbiomasse an den Stationen der Probefläche Stoller Grund (7) im Zeitraum vom 31. Oktober 1990 bis zum 25. März 1991

Die meisten der auf der Probefläche beobachteten Meeresenten hielten sich in dichten Schwärmen in der Umgebung der Stationen 2, 3, und 4 auf. Während der ersten Probennahme wurden die Eiderenten in diesem Bereich vorübergehend durch das Forschungsschiff gestört. Das Zentrum des größten Schwarmes befand sich zwischen den Stationen 2 und 3; zwei weitere etwas kleinere Schwärme in unmittelbarer Nähe der Station 4. Auf dem Weg zur jeweils nächsten Station konnte beobachtet werden, daß die vor dem Schiff aufliegenden Enten das Schiff in weitem Bogen umkreisten und sich zum größten Teil (ca. 70%) nach kurzer Zeit wieder in dem selben Bereich der Probefläche niederließen, von dem sie vorher aufgefliegen waren. Nur wenige Enten wurden vor dem Schiff hergetrieben, ca. 20% verließen das Gebiet in östliche Richtung.

An den Stationen 2, 3 und 4 wurden im Oktober dichte *Mytilus*-bänke vorgefunden; das Maximum der Biomasse lag an der Station 3 mit 390,89 gAFTG/m<sup>2</sup> (S.D. = 96,99). Davon stellte die Miesmuschel allein 387,68 gAFTG/m<sup>2</sup> (Abb.14). Bis auf den Seestern *Asterias rubens* kamen weitere für Meeresenten als Beutetiere relevante Arten nur in unbedeutender Menge vor (mehr als 90% aller Molluskenarten erfaßt). Die Muschelbank hatte an allen drei Stationen einen Bedeckungsgrad von schätzungsweise 80%. Die hohen Standardabweichungen zwischen den einzelnen Parallelproben sind dadurch begründet, daß jeweils einer der fünf Greifer nur mit feinem Sand und wenigen Exemplaren von *Macoma baltica* und einzelnen Miesmuscheln gefüllt war. Die anderen vier Proben enthielten Miesmuscheln in fast gleich großen Mengen. Diese Muschelart wurde am 31. Oktober an diesen drei Stationen sowohl hinsichtlich ihrer Biomasse als auch in bezug auf die vorhandenen Größenklassen hinreichend repräsentativ erfaßt (D < 18%, mehr als 85% aller Größenklassen erfaßt).

Nur sehr vereinzelt beförderte der Backengreifer kleinere Steine an Deck. Den Miesmuscheln stand an diesen Stationen kaum primäres Hartsubstrat zur Verfügung. Sie kamen zusammen mit Rotalgen vor und hatten sich vorwiegend auf Schalenresten der Sandklaffmuschel *Mya arenaria* angesiedelt bzw. hielten sich lediglich aneinander fest.

Die Biomasse der Mollusken an den Stationen 2, 3, und 4 war bis zum Januartermin um über 90% des Herbstwertes abgesunken. An der Station 3 wurden nur noch 26,63 gAFTG/m<sup>2</sup> gefunden (Abb.14). Diese Abnahme geht zum größten Teil auf das fast völlige Verschwinden der dichten Miesmuschelbestände zurück. Diese Muschelart wurde nur noch in einzelnen Exemplaren oder in kleineren Klumpen gefunden. Wegen dieser Verteilungsform wurde sie nicht mehr mit der gewünschten Genauigkeit erfaßt ( $D = 27\%$  bis  $28\%$ ), so daß diese Januarwerte mit einiger Unsicherheit behaftet sind. Der parameterfreie Test spricht allerdings für eine signifikante Abnahme der Molluskenbiomasse während dieses Zeitraumes vom 31. Oktober bis zum 22. Januar (MANN-WHITNEY U-Test,  $P < 0,01$ ).

Die Stationen am Stoller Grund wurden auf einer zusätzlichen Ausfahrt am 18. Februar mit der F.K. Littorina erneut angelaufen und mit der Unterwasser-Videokamera großräumig abgesucht. Im Umkreis von ca. 400 m um die Stationen befanden sich keine dichten Miesmuschelbestände. Große am Meeresboden liegende Steine waren von der Muschel bewachsen, aber auf dem Sediment lagen nur verstreut einzelne kleine Klumpen. Kontrollen in jeweils einer Seemeile Entfernung von den Stationen ergaben die gleichen Ergebnisse. Nur nördlich der Station 1, also an der Nordkante des Stoller Grund, wurden Miesmuschelbestände gefunden. Insgesamt wurde das Ergebnis der Benthosprobenahme vom Januar bestätigt.

Weder mit dem Van-Veen-Greifer noch mit der Kamera wurden größere Mengen an leeren Miesmuschelschalen gefunden. Es ist deshalb nicht anzunehmen, daß der Rückgang der Biomasse maßgeblich auf den Fraß von *Asterias rubens* zurückzuführen ist. Diese Art, die als der wichtigste Prädator der Miesmuschel angesehen wird (NAUEN 1978b) war nur in unmittelbarer Nähe der mit Miesmuscheln bewachsenen Steine mit hohen Individuenzahlen vertreten.

Die Biomassewerte vom 25. März liegen für alle drei Stationen (2, 3, und 4) noch unter denen des Januars. Eine Abnahme läßt sich aber für diesen Zeitraum statistisch nicht nachweisen (MANN-WHITNEY U-Test,  $P > 0,05$ ).

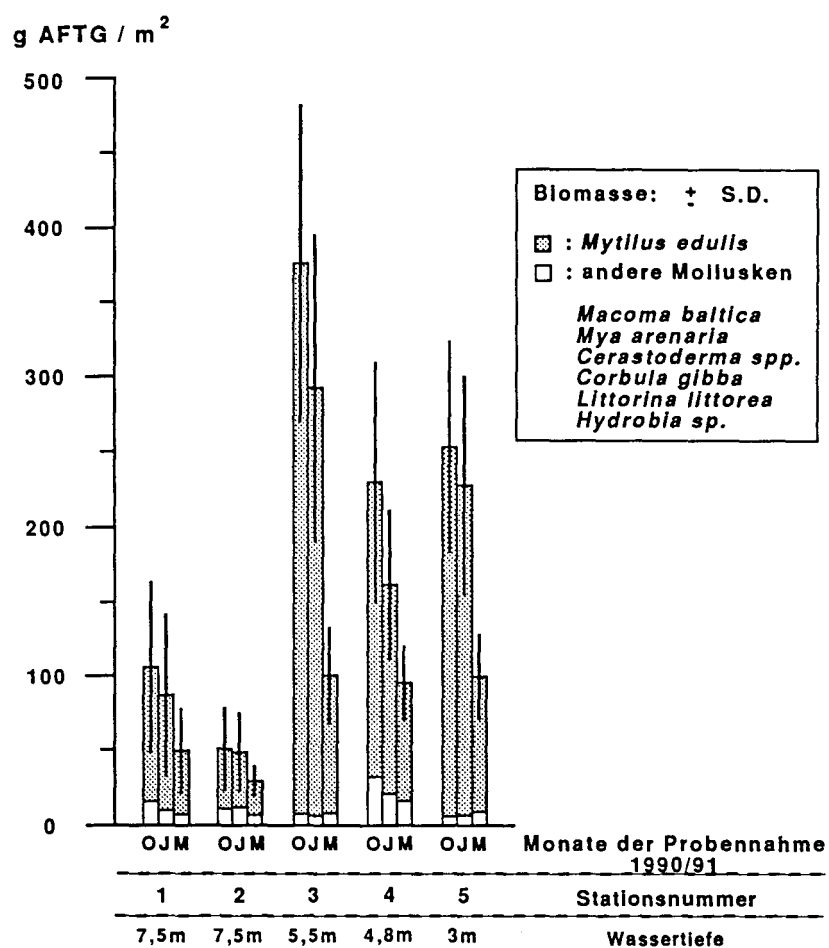
#### 4.3.2. Die Stationen der Probefläche Marienfelde (9)

Die Stationen der Probefläche Marienfelde liegen in einem recht gleichmäßig von Norden nach Süden zur Küste hin aufsteigenden Profil von 7,5 m bis 3 m Wassertiefe auf Sand und Restsediment (Abb.15). Den weitaus größten Anteil an der Biomasse stellte an allen Stationen *Mytilus edulis* (Abb.14). An den Stationen 1, 2 und 4 kamen außerdem *Cerastoderma edule* und *Mya arenaria* als geeignete Meeresentennahrung vor. *Macoma Baltica* war an allen Stationen vereinzelt vorhanden.

Das Auftreten der einzelnen Muschelarten variierte mit der fleckenhaften Verteilung der verschiedenen Sedimenttypen. Die beiden nördlichen Stationen (1 und 2) hatten einen hohen Sandanteil. An ihnen konnte die Molluskenbiomasse nicht mit der gewünschten Genauigkeit erfaßt werden (relativer Standardfehler des Mittelwertes im Oktober an der Station 1  $D = 24\%$  bzw. an der Station 2  $D = 29\%$ ). Für die Stationen 3, 4 und 5 reichte der Stichprobenumfang aus, um sowohl die Gesamtbiomasse als auch die Biomasse und die Größenverteilung von *Mytilus edulis* hinreichend repräsentativ zu erfassen.

Die höchste Biomasse wurde am 31. Oktober an der mittleren Station (3) auf sehr grobem Sediment bei einer Wassertiefe von 5,5 m gefunden. Sie betrug  $376,49 \text{ gAFTG/m}^2$  (S.D. = 106,22). *Mytilus edulis* siedelte auf etwa faustgroßen Steinen und stellte einen Anteil von  $368,71 \text{ gAFTG/m}^2$  (Abb.15). Zum März hin nahm die Biomasse an allen drei küstennäheren Stationen (3, 4 und 5) bis auf einen annähernd gleichen Wert von ca. 100 gAFTG ab. Die Abnahme von der ersten bis zur zweiten Probennahme ist an keiner Station statistisch signifikant (MANN-WHITNEY U-Test,  $P > 0,05$ ). Für den Zeitraum zwischen der zweiten und der dritten Probennahme ist nur die Abnahme an der Station 3 signifikant ( $P < 0,05$ ). Für den gesamten Untersuchungszeitraum von 146 Tagen betrachtet ergibt sich an den Stationen 3, 4, und 5 eine signifikante Abnahme der Molluskenbiomasse. Diese ist maßgeblich auf den Bestandsrückgang von *Mytilus edulis* zurückzuführen (MANN-WHITNEY U-Test,  $P < 0,05$  auch für *Mytilus edulis* allein betrachtet).





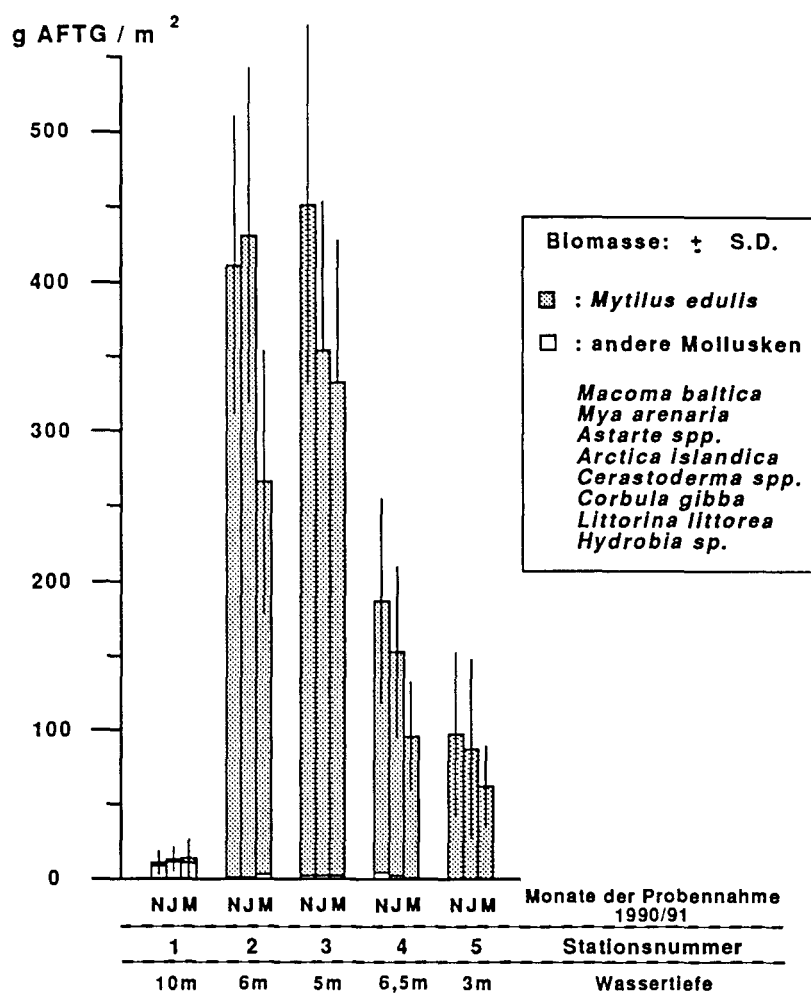
**Abb. 15:** Die Entwicklung der Molluskenbiomasse an den Stationen der Probefläche Marienfelde (9) im Zeitraum vom 31. Oktober 1990 bis zum 25. März 1991

#### 4.3.3. Die Stationen der Probefläche Kolberger Heide (12)

Die Stationen der Kolbergerheide liegen ebenfalls auf einer in Nord-Süd-Richtung auf die Küste zulaufenden Achse. Das Tiefenprofil ist jedoch unregelmäßig, d.h. es steigt nicht kontinuierlich zum Strand hin an (Abb.16). Das Sediment ist sehr unterschiedlich. Es liegen z.T Sand, grober Kies und größere Steine unmittelbar nebeneinander vor. Die nördlichste und gleichzeitig mit 10 m tiefste Station (1) unterscheidet sich wesentlich von den anderen vier Stationen. Dort wurden neben *Macoma baltica* und *Mytilus edulis* einige größere Exemplare der Art *Astarte borealis* und im März zwei Exemplare von *Arctica islandica* gefunden. Diese beiden zuletzt genannten Arten verursachten eine große Streuung der Biomassewerte zwischen den einzelnen Parallelproben, so daß die Gesamtbiomasse an dieser Station nicht repräsentativ erfaßt werden konnte (relative Standardfehler der Mittelwerte für die Parallelproben im November  $D = 32\%$  und im März  $D = 42\%$ ).

Die meisten der auf dieser Probefläche beobachteten Eiderenten hielten sich über den in südlicher Richtung folgenden Stationen 2 und 3 auf. Dort wurden sehr dichte *Mytilus*bänke angetroffen. Im November und im Januar war fast jeder Greifer nahezu vollständig mit dieser Art gefüllt, so daß kaum Sediment mit erfaßt wurde. Über eine Abnahme oder Zunahme der Biomasse an diesen Stationen kann nicht entschieden werden. Die Anwendung eines statistischen Tests verbietet sich, weil nicht ausgeschlossen werden kann, daß die erfaßte Biomasse durch das Probenvolumen des Van-Veen-Greifers begrenzt war.

Es kann als Ergebnis festgestellt werden, daß hier eine sehr hohe Molluskenbiomasse vorlag, und zwar die höchste der während dieser Untersuchung auf allen Probeflächen gefundenen. Die in Abb.16 für die Stationen 2 und 3 dargestellten Ergebnisse der ersten und der zweiten Probennahme sind als Minimalwerte aufzufassen. Die Größenklassen von *Mytilus edulis* sind in den Proben beider Stationen an allen Terminen zu über 90% repräsentiert.



**Abb. 16:** Die Entwicklung der Molluskenbiomasse an den Stationen der Kolberger Heide (12) im Zeitraum vom 1. November 1990 bis zum 28. März 1991

Auch an den beiden strandnahen Stationen 4 und 5 war *Mytilus edulis* die dominierende Molluskenart. An der Station 4 bei 6,5 m Wassertiefe wurde die Gesamtbiomasse an allen Terminen hinreichend repräsentativ erfaßt (relative Standardfehler der Mittelwerte  $D < 17\%$ ). Über den ganzen Untersuchungszeitraum von 148 Tagen betrachtet nahm die Molluskenbiomasse vom Herbst zum Frühjahr hin ab (MANN-WHITNEY U-Test,  $P < 0,05$ ).

An der Station 5 war bereits durch das klare nur 3 m tiefe Wasser erkennbar, daß die Miesmuschelbank hier nur einen geringen Bedeckungsgrad hatte. Schon kleinste Positionsveränderungen durch das Treiben des Schiffes bewirkten, daß entweder fast nur reiner Sand oder aber eine mit der Station 4 vergleichbare *Mytilus*probe das Deck erreichte. Entsprechend lag hier der relative Standardfehler des Mittelwertes  $D$  im November über 25% und im Januar sogar über 30%. Fünf Parallelproben reichten an dieser Station (5) nicht aus, um die vorhandene Biomasse mit der gewünschten Genauigkeit zu ermitteln.

#### 4.4. Die Nahrung der Meeresenten

##### 4.4.1. Die Beutetierarten

Aus dem Untersuchungswinter 1990/91 liegen von sieben verschiedenen Positionen ertrunkene Enten aus Stellnetzen vor (Abb.6). Sie stammen alle aus Gebieten, in denen wenigstens eine der drei Arten einen Verbreitungsschwerpunkt hat und in denen außerdem alle drei Arten nebeneinander vorkommen.

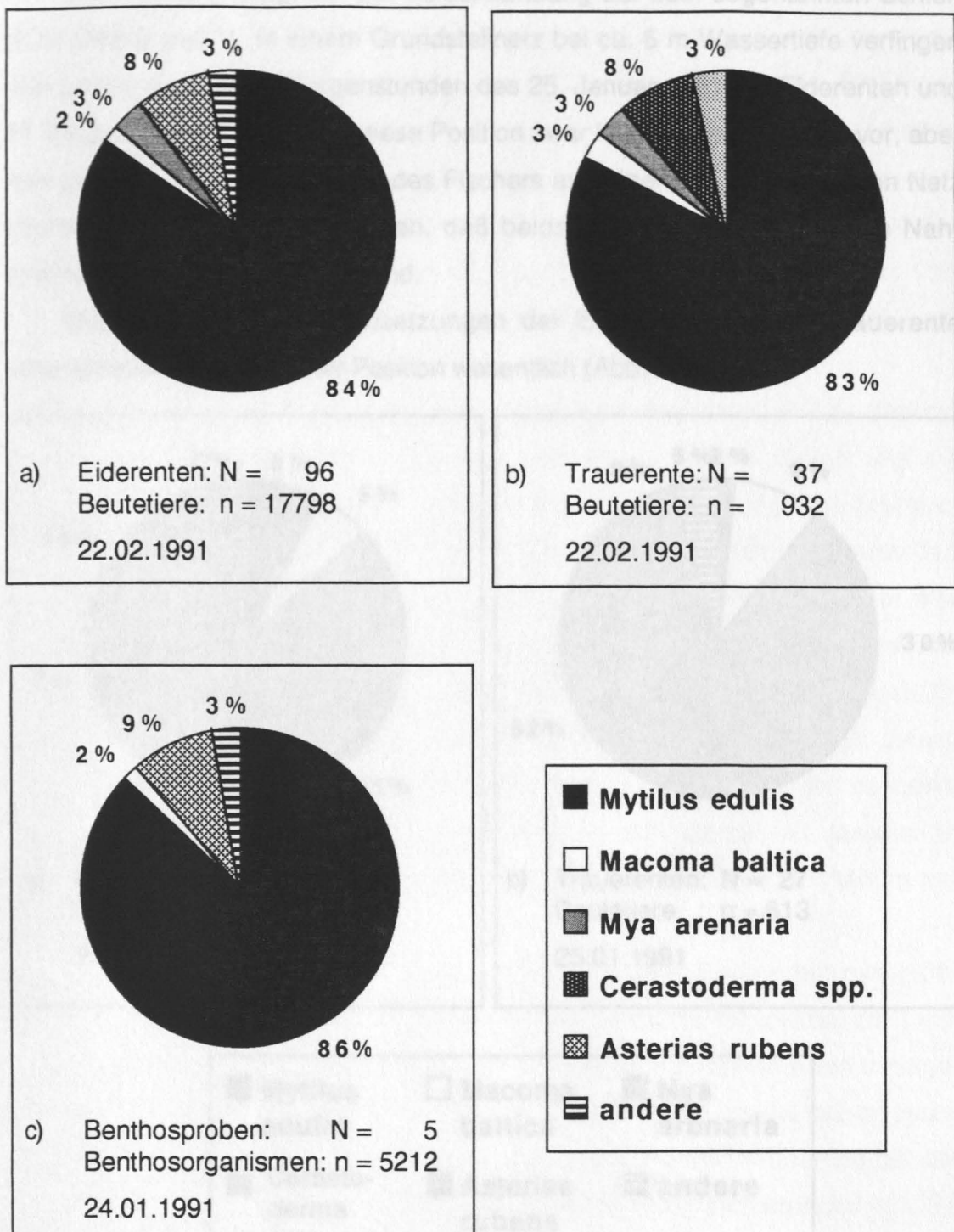
Nach der in Kapitel 3.4. beschriebenen Methode wurde errechnet, daß für die Bestimmung der Nahrungszusammensetzung der Eiderente und der Trauerente jeweils 20 Exemplare benötigt werden, um die Artenzusammensetzung der Beute für alle hier betrachteten Positionen hinreichend genau zu beschreiben.

Nur für die Position 6 liegt kein ausreichender Stichprobenumfang vor (5 Eiderenten und 6 Trauerenten). Bei einer Wassertiefe von ca. 17 m hatten sich dort beide Entenarten von *Astarte borealis*, *Astarte elliptica*, *Mya truncata* und *Arctica islandica* ernährt.

Die Ergebnisse zur Nahrungszusammensetzung der Enten von den Positionen 12 und 13 an der Kolberger Heide sind nahezu identisch. Da von der Position 12 auch Benthosproben zur Beschreibung des Nahrungsangebotes vorhanden sind und gleichzeitig der Stichprobenumfang für die beiden Entenarten ausgewogener ist, werden die Ergebnisse von dieser Position hier dargestellt (Abb.16a-c). Es liegen aus einem Netzfang vom 22. Februar 1991 96 Eiderenten und 37 Trauerenten vor.

Die Dominanz der Miesmuschel spiegelt sich in der Nahrungszusammensetzung beider Entenarten deutlich wider. Sie stellt sowohl in den Greiferproben als auch in der Nahrung über 80% des Feuchtgewichtes. Es kommen aber in den Ösophagi der Enten auch Muschelarten vor, die in den Greiferproben nicht vorhanden sind. Die Herzmuschel (*Cerastoderma edule*) macht 8% der Nahrung der Trauerente aus. *Mya arenaria* kommt bei beiden Entenarten zu 3% vor. Diese Muschelarten wurden mit den Benthosproben an der Station 3 des Transektes nicht nachgewiesen. Der Seestern *Asterias rubens* kommt in der Nahrung der Eiderenten ungefähr in demselben Verhältnis vor, wie er auch in den Greiferproben gefunden wurde (8% in den Eiderenten, 9% in der Greiferproben); in den Trauerenten dagegen ist er nicht einmal zu einem halben Prozent vertreten.

Die Beutetierarten sind nicht gleichmäßig über das Probenmaterial verteilt. Die gefundenen Herzmuscheln wurden fast alle von nur vier Trauerenten konsumiert, die sich offenbar auf diese Beutetierart spezialisiert hatten. Seesterne wurden von den Eiderenten zusammen mit den Miesmuscheln aufgenommen. Insbesondere die Nahrungszusammensetzung der Trauerente unterscheidet sich von der in unmittelbarer Nähe des Netzstandortes gefundenen Artenzusammensetzung am Meeresboden.

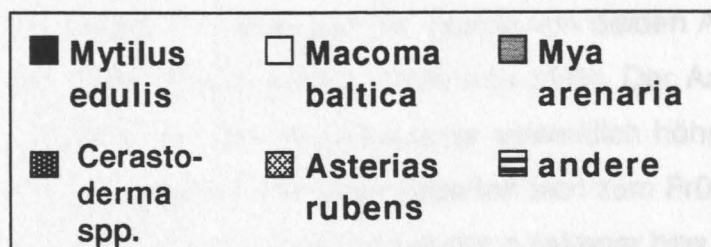
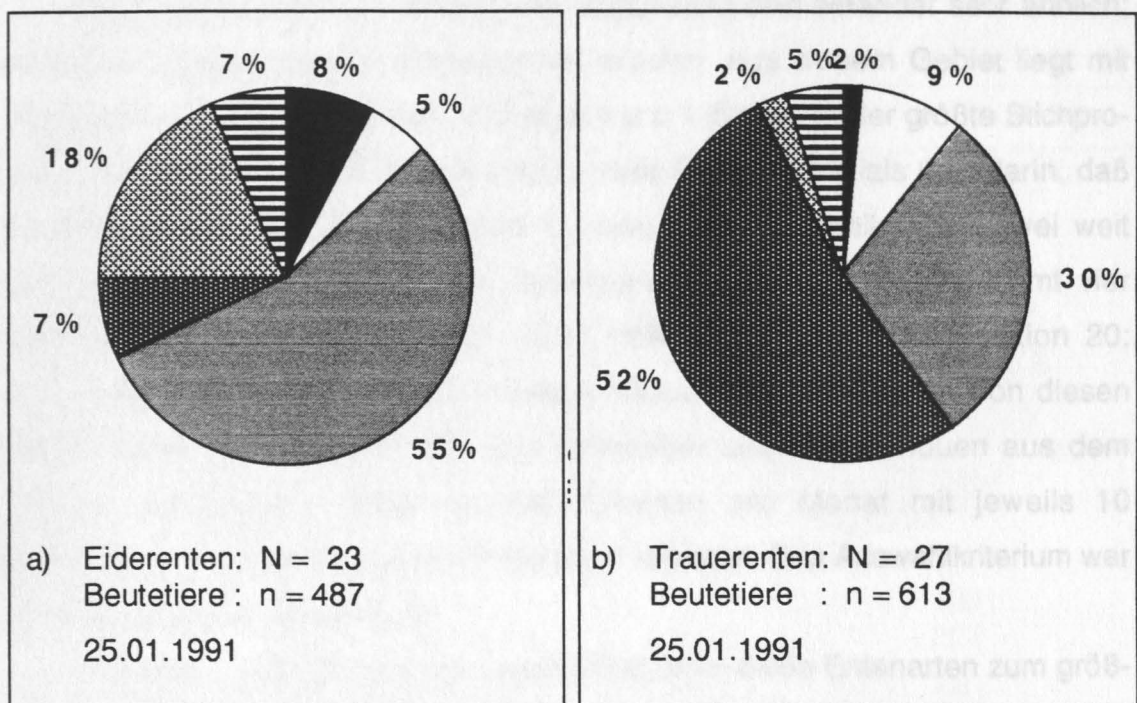


**Abb. 17:** Die Nahrung der Eiderente (a) und der Trauerente (b) sowie das Nahrungsangebot (c) an der Kolberger Heide (Position 12, Abb. 6)



Die Position 4 liegt vor der Schleimündung auf dem sogenannten Schleisand (Abb.6 und 1). In einem Grundstellnetz bei ca. 6 m Wassertiefe verfangen sich dort in den frühen Morgenstunden des 25. Januar 1991 23 Eiderenten und 27 Trauerenten. Es liegen für diese Position zwar keine Benthosproben vor, aber weil alle 60 Enten laut Auskunft des Fischers aus einem nur 250 m langen Netz stammen, wird hier angenommen, daß beiden Entenarten ein gleiches Nahrungsangebot zur Verfügung stand.

Die Nahrungszusammensetzungen der Eiderente und der Trauerente unterscheiden sich an dieser Position wesentlich (Abb.18 a, b).

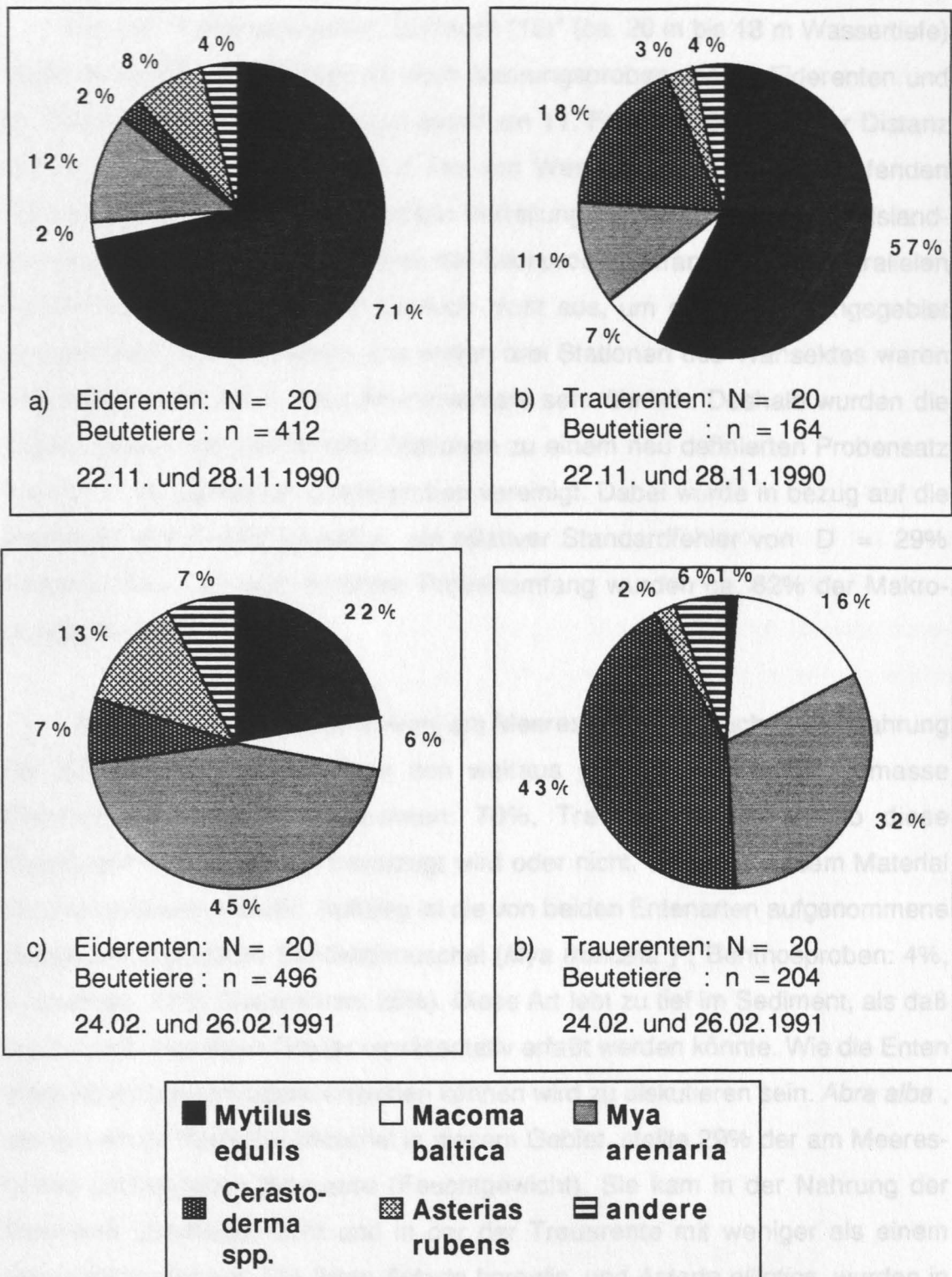


**Abb. 18:** Die Nahrung der Eiderente (a) und der Trauerente (b) auf dem Schleisand (Position 4, Abb. 6)

Die Herzmuschel stellte 52% der Nahrung der Trauerente und nur 7% der Nahrung der Eiderente. Die Miesmuschel hatte hier nur eine untergeordnete Bedeutung. Sie kam aber in der Nahrung der Eiderente häufiger vor (8%) als in der Nahrung der Trauerente (2%). Sieben Eiderenten und vier Trauerenten hatten sich ausschließlich von *Mya arenaria* ernährt. Bei den Trauerenten handelte es sich um kleine Exemplare bis zu 20 mm. In den Ösophagi der Eiderenten kamen neben diesen auch größere Exemplare bis zu 55 mm vor. *Asterias rubens* wurde von den Eiderenten häufiger aufgenommen (18%) als von den Trauerenten (2%).

Die Positionen 19 und 20 auf dem Flüggesand sind einander sehr ähnlich; sie sollen deshalb zusammen betrachtet werden. Aus diesem Gebiet liegt mit 157 Eiderenten, 98 Trauerenten, 4 Eisenten und 1 Samtente der größte Stichprobenumfang vor. Die besondere Qualität dieses Probenmaterials liegt darin, daß die Eiderenten und die Trauerenten zu fast gleichen Anteilen aus zwei weit auseinanderliegenden Zeiträumen stammen. Sie wurden an insgesamt vier Terminen gefangen (Position 19: 22.11.1990 und 26.02.1991; Position 20: 28.11.1990 und 26.02.1991). Aus diesem Material wurden jeweils von diesen beiden Arten 20 Individuen aus dem November und 20 Individuen aus dem Februar ausgewählt. Dabei ist jede Entenart pro Monat mit jeweils 10 Exemplaren von jeder der beiden Positionen vertreten. Das Auswahlkriterium war ein möglichst voller Ösophagus.

Im Herbst ernährten sich an diesen Positionen beide Entenarten zum größten Teil von Miesmuscheln. Diese stellte bei der Eiderente 71% und bei der Trauerente 57% des Naßgewichtes. *Mya arenaria* wurde von beiden Arten in ungefähr gleichen Proportionen aufgenommen (12% bzw. 11%). Der Anteil an Herzmuscheln in der Nahrung war bei der Trauerente wesentlich höher als bei der Eiderente (Abb.19 a, b). Diese Verhältnisse änderten sich zum Frühjahr hin. Die Miesmuschel wurde bei beiden Entenarten wesentlich seltener bzw. in geringerer Menge gefunden. Sie machte nur noch 22% der Eiderentennahrung und knapp 1% der Trauerentennahrung aus. Die Sandklaffmuschel war nun die Hauptnahrung der Eiderente (45%). Bei der Trauerente hatte sich der Herzmuschelanteil mehr als verdoppelt (43%) (Abb.19 a-d).



**Abb. 19:** Die Nahrung der Eiderente (a,c) und der Trauerente (b,c) im November (a,b) und im Februar (c,d) auf dem Flüggesand (Positionen 19 und 20, Abb. 6)

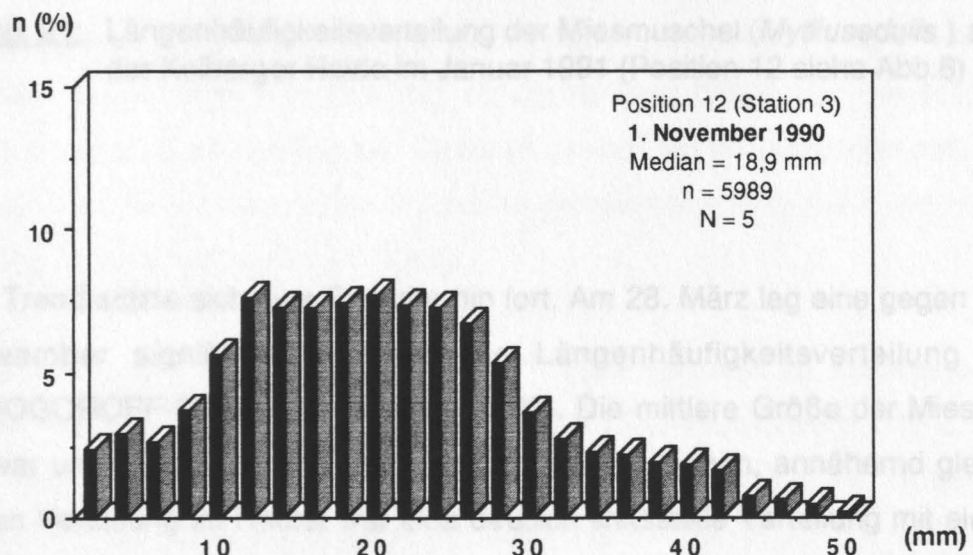
Aus dem Tiefwassergebiet "Schlauch (16)" (ca. 20 m bis 18 m Wassertiefe) liegen sowohl Benthosproben als auch Nahrungsproben von 53 Eiderenten und 55 Trauerenten vor. Das Stellnetz stand am 11. Februar 1991 in einer Distanz von ca. 250 m von der Station 2 des von Westen nach Osten verlaufenden Transektes. Wegen der fleckenhaften Verteilung großer Exemplare der Islandmuschel (*Arctica islandica*) reichte der Stichprobenumfang von fünf parallelen Greiferproben an der Station 2 jedoch nicht aus, um dieses Nahrungsgebiet repräsentativ zu beschreiben. Die ersten drei Stationen des Transektes waren sich jedoch hinsichtlich ihres Arteninventars sehr ähnlich. Deshalb wurden die Proben dieser drei westlichsten Stationen zu einem neu definierten Probensatz von  $N = 15$  parallelen Greiferproben vereinigt. Dabei wurde in bezug auf die Biomasse von *Arctica islandica* ein relativer Standardfehler von  $D = 29\%$  hingenommen. Mit dem erhöhten Probenumfang wurden ca. 82% der Makrofaunaarten erfaßt.

*Arctica islandica* stellte sowohl am Meeresboden als auch in der Nahrung der betrachteten Meeresenten den weitaus größten Anteil der Biomasse (Benthosproben: 56%, Eiderenten: 70%, Trauerenten: 59%). Ob diese Muschelart von den Enten bevorzugt wird oder nicht, kann mit diesem Material nicht entschieden werden. Auffällig ist die von beiden Entenarten aufgenommene Menge der gestutzten Sandklaffmuschel (*Mya truncata*) (Benthosproben: 4%, Eiderenten: 13%, Trauerenten: 25%). Diese Art lebt zu tief im Sediment, als daß sie mit dem Van-Veen-Greifer repräsentativ erfaßt werden könnte. Wie die Enten diese Muschelart trotzdem erreichen können wird zu diskutieren sein. *Abra alba*, die numerisch häufigste Muschel in diesem Gebiet, stellte 29% der am Meeresboden vorhandenen Biomasse (Feuchtgewicht). Sie kam in der Nahrung der Eiderente überhaupt nicht und in der der Trauerente mit weniger als einem Gewichtsprozent vor. Die Arten *Astarte borealis* und *Astarte elliptica* wurden in allen Proben in ungefähr gleichen Proportionen gefunden (6-7%).

#### 4.4.2. Die Beutetiergröße

Es wurde in den vorhergehenden Kapiteln festgestellt, daß in den Hauptverbreitungsgebieten der Eiderente die Miesmuschel einen besonders großen Anteil des Nahrungsangebotes stellt. Es soll nun weitergehend untersucht werden, ob sich speziell diese Nahrungsressource in den verschiedenen Gebietstypen qualitativ unterscheidet. Dazu wurden die vermessenen Miesmuscheln von den Stationen 3 der Transekte Kolberger Heide (12) und Stoller Grund (7) in Größenklassen mit Intervallen von 2 mm eingeteilt (Abb.20 - 25).

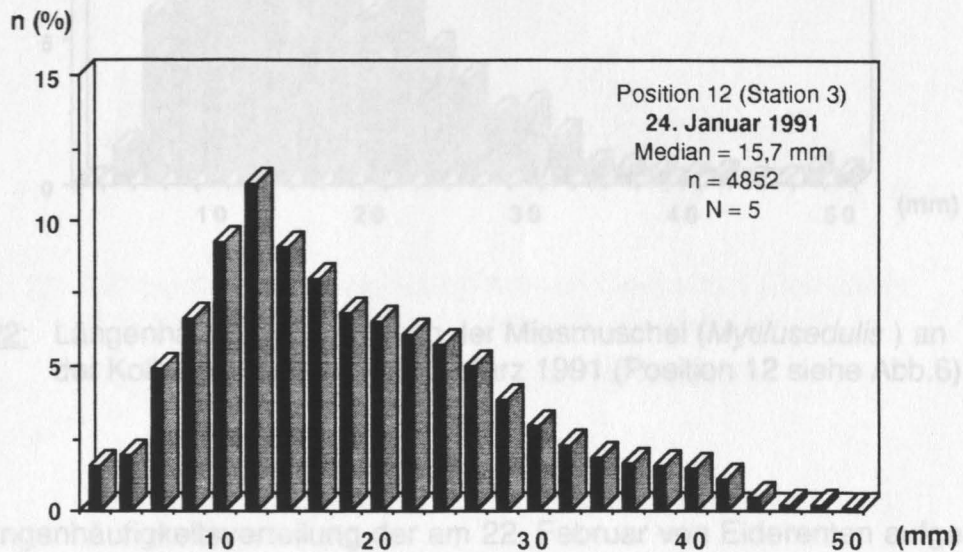
Im November wurde an der Kolberger Heide mit dem Van-Veen-Greifer ein breites Größenspektrum der Miesmuschel erfaßt. Nur die Individuen mit einer Größe von mehr als 47 mm waren in den Proben nicht ausreichend repräsentiert. Die Längenhäufigkeitsverteilung zeigt einen flachen Verlauf im Bereich eines Medianwertes von 18,9 mm. Mehr als 50% aller gefundenen Muscheln waren gleichmäßig auf einen Größenbereich zwischen 11 mm und 27 mm verteilt (Abb.20).



**Abb. 20:** Längenhäufigkeitsverteilung der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) an der Kolberger Heide im November 1990 (Position 12 siehe Abb.6)



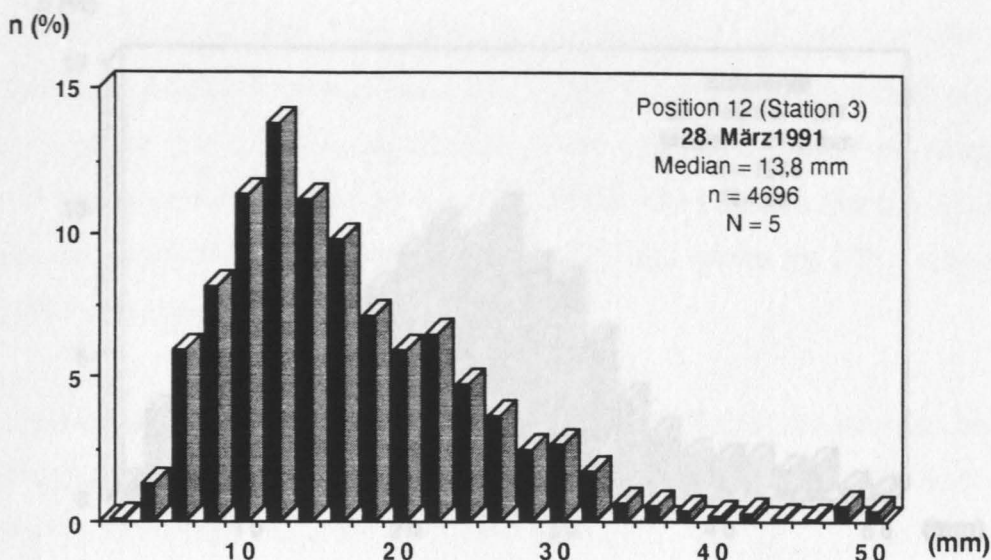
Dieses Verhältnis änderte sich im Verlauf des Winters. Zum Januar hin sank der Medianwert auf 15,7 mm, d.h. bei der zweiten Probennahme war die mittlere Größe der gefundenen Muscheln um einen Betrag von 3,2 mm geringer. Insbesondere die Häufigkeit der Exemplare von mehr als 17 mm Länge hatte abgenommen (Abb.21).



**Abb. 21:** Längenhäufigkeitsverteilung der Miesmuschel (*Mytilusedulis*) an der Kolberger Heide im Januar 1991 (Position 12 siehe Abb.6)

Dieser Trend setzte sich zum Frühjahr hin fort. Am 28. März lag eine gegen den 1. November signifikant verschiedene Längenhäufigkeitsverteilung vor (KOLMOGOROFF-SMIRNOW-Test,  $P < 0,05$ ). Die mittlere Größe der Miesmuschel war um weitere 1,9 mm gesunken. Aus einer flachen, annähernd gleichmäßigen Verteilung im Herbst war eine deutlich linkssteile Verteilung mit einem Median von 13,8 mm und einem Modalwert von 12 mm geworden (Abb. 20 - 22).

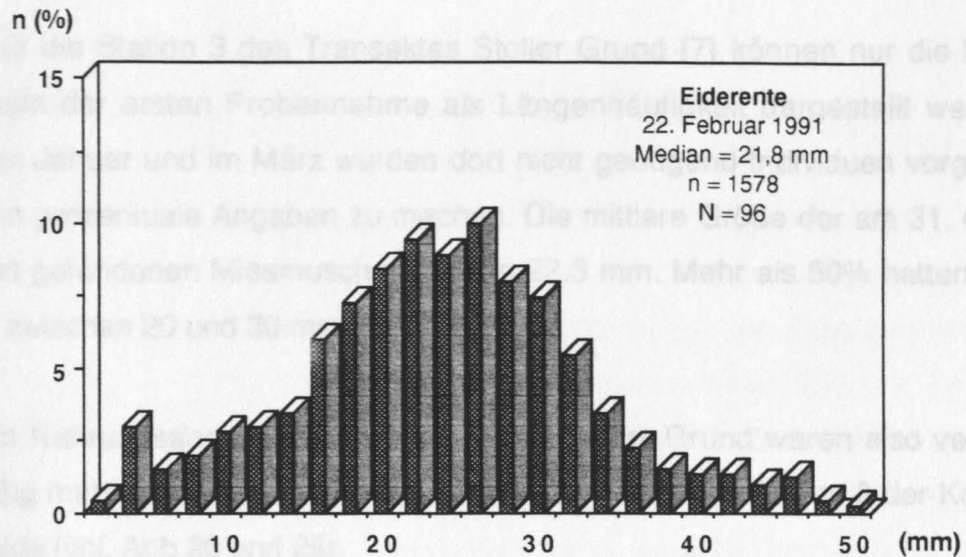




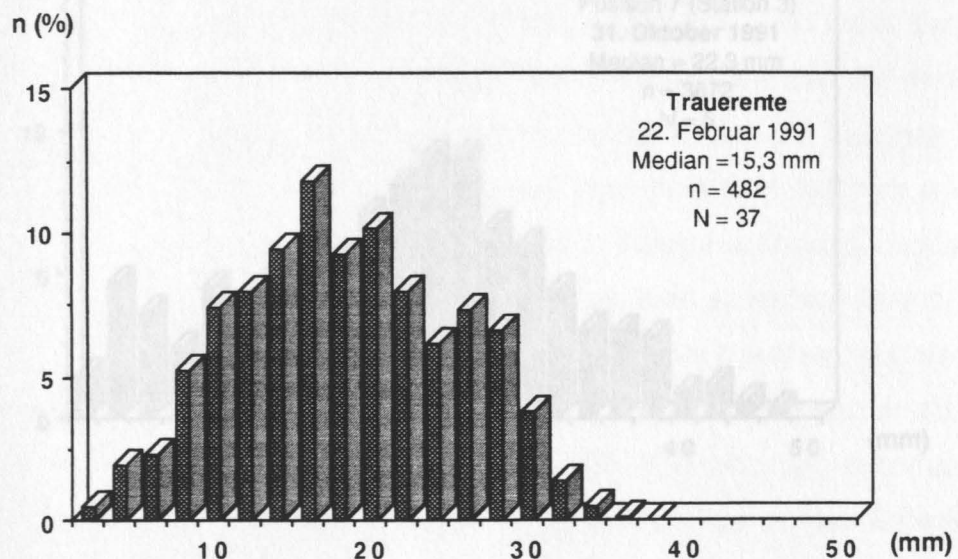
**Abb. 22:** Längenhäufigkeitsverteilung der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) an der Kolberger Heide am 28. März 1991 (Position 12 siehe Abb.6)

Die Längenhäufigkeitsverteilung der am 22. Februar von Eiderenten aufgenommenen Miesmuscheln unterscheidet sich signifikant von denen der zweiten und der dritten Benthosprobennahme (KOLMOGOROFF-SMIRNOW-Test,  $P < 0,05$ ). Bei einem Medianwert von 21,8 mm ist die mittlere Länge der gefressenen Muscheln um ca. 6 mm größer als die der im Januar am Meeresboden gefundenen. Mehr als 50% aller von der Eiderente gefressenen Miesmuscheln haben eine Länge von 20 bis 30 mm (Abb.23).

Die Nahrungsspektren der Eider- und Trauerenten vom 22. Februar unterscheiden sich hinsichtlich der Beutetiergrößen. Die Eiderente nutzte alle im Nahrungsangebot vorhandenen Muschelgrößen. Im Ösophagus der Trauerente dagegen wurden nur Miesmuscheln gefunden, die kleiner als 38 mm waren. Die mittlere Länge der von ihr aufgenommenen Exemplare betrug 15,3 mm (Abb.23 und 24).



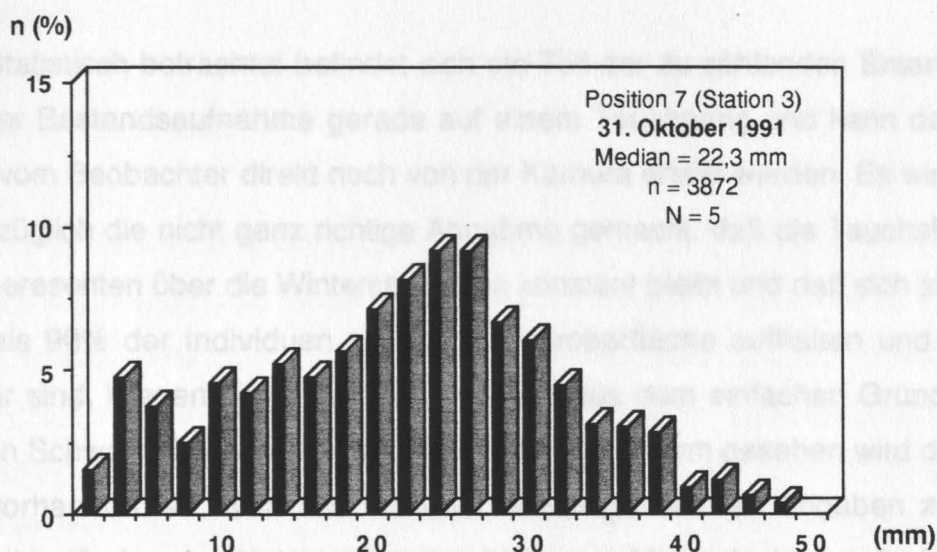
**Abb. 23:** Längenhäufigkeitsverteilung der von Eiderenten (*Somateria mollissima*) gefressenen Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) (vom 22. Februar 1991, Position 12 siehe Abb.6)



**Abb. 24:** Längenhäufigkeitsverteilung der von Trauerenten (*Melanitta nigra*) gefressenen Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) (vom 22. Februar 1991, Position 12 siehe Abb.6)

Für die Station 3 des Transektes Stoller Grund (7) können nur die Miesmuscheln der ersten Probennahme als Längenhäufigkeit dargestellt werden, denn im Januar und im März wurden dort nicht genügend Individuen vorgefunden, um prozentuale Angaben zu machen. Die mittlere Größe der am 31. Oktober dort gefundenen Miesmuscheln betrug 22,3 mm. Mehr als 50% hatten eine Länge zwischen 20 und 30 mm.

Im Nahrungsangebot der Station 3 am Stoller Grund waren also verhältnismäßig mehr große Miesmuscheln vorhanden als an der Station 3 der Kolberger Heide (vgl. Abb.20 und 25).



**Abb. 25:** Längenhäufigkeitsverteilung der Miesmuschel (*Mytilusedulis*) auf dem Stoller Grund am 31. Oktober 1991 (Position 7 siehe Abb.6)

## 5. Diskussion

### 5.1. Methodenkritik

#### 5.1.1. Zu den Zählungen

Die verschiedenen Entenarten und die Geschlechter der Eiderente werden mit unterschiedlicher Genauigkeit erfaßt. Die kleineren Arten, Eis- und Trauerente, werden vom Flugzeug aus bei ungünstigen Licht- oder Wetterverhältnissen leichter übersehen als die Eiderente. Durch die weiße Gefiederfärbung ihres Prachtkleides sind die Eidererpel am auffälligsten; sie erleichtern das Auffinden der großen gemischten Schwärme über den Flachgründen, die oftmals schon aus mehreren Kilometern Entfernung als weiße Flecken auf dem Wasser erkennbar sind.

Statistisch betrachtet befindet sich ein Teil der zu zählenden Enten während der Bestandsaufnahme gerade auf einem Tauchgang und kann deshalb weder vom Beobachter direkt noch von der Kamera erfaßt werden. Es wird hier diesbezüglich die nicht ganz richtige Annahme gemacht, daß die Tauchaktivität der Meeresenten über die Wintersaison hin konstant bleibt und daß sich ständig mehr als 90% der Individuen an der Wasseroberfläche aufhalten und somit sichtbar sind. Wegen dieser Unsicherheit und aus dem einfachen Grund, daß eher ein Schwarm übersehen wird, als daß "ein Schwarm gesehen wird der gar nicht vorhanden ist", sind alle in dieser Arbeit gemachten Angaben zu den Gesamtbeständen des Untersuchungsgebietes als Minimalzahlen aufzufassen. Auf die Einführung von Korrekturfaktoren wurde generell verzichtet. Es werden statt dessen die monatlich erhobenen Minimalzahlen miteinander verglichen.

Aus der Beschreibung der Zählmethode in Kapitel 3.1. wird deutlich, daß wenn die Dichte eines Schwarmes falsch eingeschätzt wird, sich dieses gravierend auf eine Bestandsschätzung auswirken kann. Das geschieht aber in bedenklichem Maße nur in den Gebieten mit sehr hohen Entendichten, die dann

mit Hilfe des Phtomaterials kontrolliert werden können.

Gegenüber anderen Methoden der Bestandserfassung von Vögeln haben Flugzeugzählungen den entscheidenden Nachteil, daß relativ wenig Zeit für die Schätzungen zur Verfügung steht und daß sie in der Regel aus finanziellen Gründen nicht beliebig oft wiederholbar sind. Obwohl die Ergebnisse theoretisch innerhalb gewisser Grenzen reproduzierbar wären, kann deshalb lediglich der persönliche Fehler der Zähler abgeschätzt werden, nicht aber methodisch immanent die Ungenauigkeiten, die z.B. durch variierende Witterungsbedingungen verursacht sind. Ich möchte aber darauf hinweisen, daß bei derartigen Erfassungen jedesmal die Grundgesamtheit eines Bestandes betrachtet wird. Es werden also nicht, wie z.B. bei Transektzählungen, Stichproben aus einer Grundgesamtheit genommen, mit denen dann über eine Hochrechnung der "wahre" Bestand geschätzt wird. Aus diesem Grund ist die Angabe eines Standardfehlers nicht obligatorisch.

#### 5.1.2. Zu den Benthosproben

Bei der Verwendung des Van-Veen-Backengreifers als Probennahmegerät zur Untersuchung der von Benthosfauna muß ein systematischer Fehler berücksichtigt werden. Die durch sein Eigengewicht verursachte Eindringtiefe des Greifers ist auf verschiedenen Substraten unterschiedlich groß. Auf sehr harten Sedimenten ist nicht auszuschließen, daß der Greifer etwas weniger als die 0,1 m<sup>2</sup> erfaßt (ANKAR 1977). Zwar befinden sich nach ROMERO (1983) in der Kieler Bucht mehr als 95% aller Makrofaunaarten in den obersten 5 cm des Sediments, doch einige tiefer lebende Arten werden gerade auf Restsediment unvollständig erfaßt. Es wurde hier angenommen, daß die Enten in ähnlicher Weise wie der Van-Veen-Greifer nicht dazu in der Lage sind, in sehr harte Sedimente tiefer als 5 cm einzudringen, und daß das Gerät gerade aus diesem Grund für Vergleiche mit ihrer Nahrungszusammensetzung geeignet ist. Wegen der leichteren Erreichbarkeit wird die Epifauna in beiden Probensätzen immer überrepräsentiert sein. Es ist deshalb bei den Interpretationen der Ergebnisse zu

berücksichtigen, daß im Grunde nicht die absolut vorhandene Biomasse der Makrofauna beschrieben wird sondern die relativ erreichbare.

Die Frage, wieviele Proben an einer Station genommen werden sollten, um diese mit einer hinreichenden Genauigkeit zu beschreiben, wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich beantwortet. Die Empfehlungen reichen von  $1 \times 0,1 \text{ m}^2$  pro Station (CUFF & COLEMAN 1979) bis zu  $5 \times 0,1 \text{ m}^2$  pro Station (z.B. McINTYRE 1971, HARTLEY 1982). KRONBERG (1983) und SCHUSTER (1984) schlagen vor, zur Verbesserung der statistischen Auswertbarkeit den Probenumfang auf zehn Parallelproben zu erhöhen und dafür das Probenvolumen zu verringern. Dies ist aber nur mit dem Einsatz von Taucherstechkästen möglich, weil entsprechend kleine Backengreifer für die zu beprobenden Sedimente zu leicht wären. Für Monitoringprogramme im Bereich der Ostsee geben DYBERN et al. (1976) eine Mindestzahl von drei  $0,1 \text{ m}^2$ -Proben pro Station an. BREY (1983, 1984) nimmt im Flachwasser der Kieler Bucht fünf Parallelproben.

Bei der Auswertung der erhobenen Daten stellte sich heraus, daß fünf Parallelproben nicht an allen Stationen genügten, um die vorhandene Biomasse mit der gewünschten Genauigkeit zu bestimmen. Im Nachhinein läßt sich zwar sagen, daß in einigen Fällen sogar drei oder vier Greiferproben für eine repräsentative Erfassung ausgereicht hätten, aber an einigen Stationen liegt gerade in einem der drei Monate ein zu großer Fehler vor. Bei der Verteilung dieser Fehler zeigen sich zwei deutliche Tendenzen: Erstens nimmt der relative Standardfehler des Mittelwertes  $\bar{D}$  (und damit die Unsicherheit für eine repräsentative Erfassung der Biomasse) auf fast allen Stationen über den Winter hin konstant zu. Zweitens treten die bedenklich hohen Fehler bei allen betrachteten Transekten in den Randbereichen der Miesmuschelbänke auf. An den Orten der Biomassenmaxima und im Herbst sind die Standardfehler relativ gering.

Die Erfassung der an einer Station vorhandenen Makrofaunaarten bereitete weniger Probleme. Da meine Fragestellung nicht die Ansprüche einer

faunistischen oder benthosökologischen Arbeit hat, halte ich eine Gesamtar-tenausbeute von wenigstens 75% an jeder Station für ausreichend. Die Meeres-enten ernähren sich in der Regel ohnehin überwiegend von den am Meeres-boden häufigen Muschelarten (KIRCHHOFF 1979; MEISSNER & BRÄGER 1990). Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit darauf verzichtet, lange Arten-listen für jede einzelne Station vorzulegen. Die qualitative Nahrungszusammen-setzung der betrachteten Meeresenten wurde bereits von KIRCHHOFF (1979) für die Hohwachter Bucht ausführlich beschrieben und ist auf die hier untersuch-ten Gebiete übertragbar.

### 5.1.3. Zur Methode der Biomassebestimmung

Zu der in dieser Arbeit verwendeten Methode der Biomassebestimmung muß gesagt werden, daß eine Variation der Kondition der Benthosfauna über den Winter nicht berücksichtigt wird; jeder Länge eines Mollusken wird unabhän-gig von der Jahreszeit genau ein Gewichtswert zugeordnet. Das ist der Frage-stellung angemessen, denn es interessiert hier nicht ein möglicher Gewichtsver-lust einzelner Individuen sondern ihre Mortalität. Hätte ich die im allgemeinen als genauer erachtete Methode der Veraschung einer jeden Benthosprobe gewählt (z.B. BREY 1984), dann hätten sich (für meine Fragestellung) zusätzliche syste-matische Fehler ergeben. Theoretisch könnte nämlich über den Winter an einem für Filtrierer oligotrophen Standort die Biomasse einer Miesmuschelbank um 20% des Herbstwertes absinken, ohne daß auch nur eine einzige Muschel gefressen oder auf sonst irgend eine Art und Weise von der Bank entfernt wor-den wäre (siehe z.B. SCHUSTER 1984). Für den Vergleich verschiedener Nahrungsgebiete der Meeresenten wird in dieser Arbeit angenommen, daß ein eventuell durch "Hungern" bedingter Gewichtsverlust des Makrozoobenthos in allen Gebieten gleichermaßen stattfinden würde und somit vernachlässigt werden kann.



#### 5.1.4. Zur Bilanzierung der Konsumtion der Meeresenten gegen die Reduktion des Molluskenbestandes

Um eine ungefähre Vorstellung davon zu bekommen, zu was für einem Anteil der Fraß der Meeresenten selbst zu einer Reduktion der Molluskenbiomasse beiträgt und damit einen Einfluß auf die Lebensgemeinschaft am Meeresboden hat, wird in Kapitel 5.4.4. die Konsumtion der drei Entenarten über ihren täglichen Nahrungsbedarf abgeschätzt und mit der Entwicklung des Molluskenbestandes auf den Probeflächen verglichen. Die in den dafür durchgeführten Berechnungen verwendeten Werte sind mit großen Unsicherheiten behaftet:

##### 5.1.4.1. Zur Konsumtion der Meeresenten

Der Nahrungsbedarf eines Vogels im Freiland ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, die größtenteils methodisch nur beschränkt erfaßbar sind (HÜPPOP 1988); deshalb kommen verschiedene Autoren zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen darüber, wieviel Energie Meeresenten pro Tag benötigen. Berechnungen z.B. von BELOPOSKIJ (1961), NIELSON (1969) und PETHON (1967), nach der Methode der Bestimmung der maximalen Ösophagusfüllung und der täglichen Anzahl der Freßperioden, führten nach Meinung KIRCHHOFFs (1979) zu wesentlichen Unterschätzungen.

CANTIN et al. (1973) und SWENNEN (1976) kommen nach Fütterungsexperimenten an gekäfigten Vögeln zu erheblich höheren und wahrscheinlich realistischeren Werten. Den Energiebedarf der Eiderente geben sie mit 3.014 kJ (750 kcal) (SWENNEN) und 2.177 kJ (520 kcal) (CANTIN et al.) an; den Winterbedarf schätzen CANTIN et al. (1973) auf ca. 2.512 kJ (600 kcal). Diese Werte stehen besser in Einklang mit Schätzwerten, die auf physiologischen Messungen beruhen.



Nach ASCHOFF & POHL (1970) oder nach LASIEWSKI & DAWSON (1967) kann aus dem Grundumsatz (Basalmetabolismus) oder dem Ruheumsatz (Standardmetabolismus) von Vögeln der tägliche Energieverbrauch über das Körpergewicht berechnet werden. Ein Problem bei der Übertragung der so ermittelten Werte auf die Situation im Freiland ist die Abschätzung der Steigerung des Energieverbrauchs durch Aktivität (z.B. Fliegen, Tauchen, Schwimmen, Balz). Für überwinternde Meeresenten kann ein Energieverbrauch von ca. der vierfachen Höhe des Grundumsatzes angenommen werden (HÜPPOP pers. Mitt.).

Der Existenzmetabolismus (im Gegensatz zum Grundumsatz), der durch die Messung der Nahrungsaufnahmerate bestimmt wird, schließt energetische Kosten für die Thermoregulation, die Nahrungsaufnahme, die Verdauung und geringe Bewegung bereits mit ein. SWENNEN (1976) berücksichtigt bei seinen Angaben eine Steigerung des Energiebedarfs für freilebende Vögel gegenüber seinen in Gefangenschaft lebenden um 30%.

In dieser Arbeit wird für die Eiderente der Nahrungsbedarf nach SWENNEN (1976) angesetzt; er entspricht bei einer Kost, die überwiegend aus Miesmuscheln besteht, einer Konsumtion von 138 gAFTG pro Tag und Vogel. Für die Trauerente und die Eisente wurden entsprechend ihrer geringeren Körpergewichte (aus BAUER & GLUTZ VON BLOTZHEIM, 3, 1969) nach ASCHOFF & POHL (1970) niedrigere Werte berücksichtigt. Der Bedarf der Trauerente wird mit 1.500 kJ pro Tag (66 gAFTG), der Bedarf der Eisente mit 1.100 kJ pro Tag (47 gAFTG) veranschlagt.

Da diese beide Arten sehr viel mobiler sind als die Eiderente, wird ihr Nahrungsbedarf wahrscheinlich etwas unterschätzt. Diese Fehler würden sich in der Gesamtbilanz jedoch nur geringfügig auswirken, weil die Eiderente in den untersuchten Gebieten den weitaus größeren Anteil an der Zehrung stellt. Die in

dieser Arbeit für den täglichen Nahrungsbedarf der Meeresenten angesetzten Werte entsprechen den von KIRCHHOFF (1979) verwendeten.

#### 5.1.4.2. Zur Reduktion des Molluskenbestandes

Die Biomasseentwicklung der Molluskenbestände wurde in dieser Arbeit an einzelnen Stationen der Probeflächen verfolgt; die Bestandszahlen der Meeresenten wurden hingegen den 3 km<sup>2</sup> großen Flächen zugeordnet. Für einen Vergleich der Reduktion der Benthosbiomasse mit der Konsumtion der Meeresenten ist es deshalb notwendig, die durchschnittliche Biomasse der Probeflächen für jeden Probennahmetermin abzuschätzen. Da über die Ausdehnung der fleckenhaft auftretenden Miesmuschelbänke nur wenig Information vorliegt, ist es nicht möglich, diese durchschnittliche Biomasse mit hinreichender Genauigkeit anzugeben. Bei der Mittelwertbildung der Ergebnisse von den einzelnen Stationen für jedes Transekt und jeden Probenahmetermin treten relativen Standardfehler von 17 bis maximal 40% auf; d.h. die Stationen repräsentieren die Probeflächen nicht an jedem Termin ausreichend genau. Aus diesem Grund und weil die Eiderentenschwärme als Indikatoren zum Auffinden ausgesprochen hoher Biomassen herangezogen wurden, sollten die in Kapitel 5.4.4. angegeben Werte nicht als repräsentative Durchschnittswerte für die entsprechenden Sedimenttypen bzw. Wassertiefen der Kieler Bucht angesehen werden.

Zur Beantwortung der in dieser Arbeit gestellten Fragen sind die Ergebnisse meiner Meinung nach ausreichend, denn es wurde bevor diese Bilanzierung durchgeführt wurde anhand von Beobachtungen und Vergleichen der einzelnen Stationen gezeigt, daß die Höhe der Mytilusbestände und die Höhe der Eiderentenbestände miteinander assoziiert sind. Sowohl die Molluskenbiomasse als auch die Meeresenten waren zwar nicht gleichmäßig auf den Probeflächen verteilt, es kann aber angenommen werden, daß ihre Verteilungsform jeweils mit einem Schwerpunkt auf den Miesmuschelbänken einander sehr ähnlich war.

- a) Würde also beispielsweise der Molluskenbestand der Probefläche überschätzt, weil im Verhältnis zur Ausdehnung der Miesmuschelbänke zu viele Stationen an Orten mit einer verhältnismäßig hohen Biomasse lagen, dann hielten sich an diesen Stationen auch überdurchschnittlich viele Enten auf. In diesem Fall würde ich den Einfluß der Meeresenten auf den Molluskenbestand unterschätzen.
- b) Wahrscheinlich ist aber das Gegenteil der Fall, weil die Enten eher die Orte der Biomassemaxima finden als der Biologe, der zwar das Gebiet der Probennahme nach bestimmten Kriterien auswählt, dort dann aber den Van-Veen-Greifer nach dem Zufallsprinzip bzw. nach konstanten Streckenabschnitten fallen läßt. Das bedeutet, daß mit den Stationen wahrscheinlich auch Orte untersucht werden, an denen die Enten verhältnismäßig wenig gefressen haben. Bei einem Vergleich der Reduktion des Molluskenbestandes mit einem rechnerisch gleichmäßig über die Probefläche verteilten Fraßdruck, wird deshalb insgesamt der durch Enten verursachte Anteil an der Reduktion der Biomasse sehr wahrscheinlich überschätzt, nicht aber unterschätzt.

Jenachdem zu welchem Resultat die Bilanzierung führt, kann deswegen eine Aussage über den Einfluß der Konsumtion auf den Bestand der Molluskenfauna als wahrscheinlich zutreffend oder als unsicher angesehen werden. Kommt man zu dem Schluß, daß die Konsumtion durch Enten gegenüber anderen Faktoren eine unbedeutende Rolle spielt und weiß dabei, daß sie wahrscheinlich sogar überschätzt worden ist, dann ist die Aussage mit recht großer Sicherheit zutreffend; beweisbar ist sie mit den hier angewendeten Methoden unter Freilandbedingungen nicht.

## 5.2. Die Bestandsentwicklung der Meeresenten

### 5.2.1. Bestandsentwicklung in den Brutgebieten

Die Bestände der Nordeuropäischen Populationen der Eiderente steigen seit längerer Zeit kontinuierlich an (ALMKVIST et al. 1974; PEHRSSON 1978; STJERNBERG 1982; KULLAPERRE 1983; HARIO & SELIN 1988; LAURSEN 1989; FRANZMANN 1989). Über die Bestandsentwicklung der Trauerente und der Eisente liegen keine verlässlichen Informationen vor.

Nach einer Trendanalyse von PIROT et.al (1989) soll die Eiderente in der Ostsee während der letzten Dekade jährlich um 8 -12% zugenommen haben. Als Gründe werden Schutzmaßnahmen in den Brutgebieten, wie z.B. eine stärkere Reglementierung der Jagd, und verbesserte Nahrungsbedingungen angeführt. Der Salzgehalt der Ostsee ist im Verlaufe dieses Jahrhunderts um etwa 1 Promille angestiegen (MELVASALO et al. 1981; MATTHÄUS 1983). Marine Beutetierarten wie z.B. die Miesmuschel werden dadurch in der brackischen Ostsee begünstigt (LASSIG 1964; KAUTSKY 1981). Diese Veränderungen beziehen sich aber vorwiegend auf die Brutgebiete in den nördlichen skandinavischen Schärengeländen, insbesondere auf den Finnischen- und den Bottnischen Meerbusen. Dort wurden die deutlichsten Zunahmen der Eiderentenbestände verzeichnet (STJERNBERG 1982).

### 5.2.2. Bestandsentwicklung in den Überwinterungsgebieten

Die Ergebnisse der internationalen Mittwinterzählungen in den südlicheren Gebieten stehen in einem krassen Mißverhältnis zu den Bestandsschätzungen aus den Brutgebieten (LAURSEN 1989). Entweder sind die Zahlen der Brutpaare und die Bruterfolge der Meeresenten im nördlichen Skandinavien wesentlich überschätzt worden oder die Kapazität der traditionellen Überwinterungsgebiete ist nicht ausreichend, um den wachsenden Populationen einen adäquaten Lebensraum zu bieten. Für die meisten Überwinterungsgebiete konnte zwar

ein Anstieg der Meeresentenbestände dokumentiert werden, dieser fiel aber wesentlich geringer aus, als man nach der Zahl der jährlich zur Brut schreitenden Weibchen hätte vermuten können (LAURSEN 1989).

### 5.2.3. Bestandsentwicklung im Untersuchungsgebiet

Die Kieler Bucht und die Lübecker Bucht sind als Überwinterungs- und Durchzugsgebiete für Meeresenten durch ihre südwestliche Randlage innerhalb der Ostsee charakterisiert. Zum einen bestehen enge Beziehungen zu den dänischen Gewässern, in denen der größte Teil der in der Ostsee brütenden Eiderenten überwintert, zum anderen finden über Schleswig-Holstein hinweg wesentliche Austauschprozesse mit dem Wattenmeer statt (LUNAU 1927, 1951; MATHIASSEN 1970; MORITZ 1983; NEHLS 1991; SALOMONSEN 1968; SCHAFSTALL 1978; SCHMIDT 1976, 1981). Starke Bestandsschwankungen während des Frühjahrs- und des Herbstzuges sind deshalb in diesem Gebiet zu erwarten.

Die Kieler Bucht gehört zu den wenigen Überwinterungsgebieten, in denen innerhalb der letzten zehn Jahre trotz intensiver Zählaktivität für keine der Meeresentenarten eine Bestandszunahme nachgewiesen werden konnte. Seit 1980 werden in diesem Gebiet Flugzeugzählungen und zusätzlich Land- und Schiffszählungen durchgeführt. Insbesondere der geschlossene Datensatz von 1986 bis 1991, für dessen Erhebung insgesamt 25 Flugzeugzählungen durchgeführt wurden, gibt keine Anhaltspunkte für einen Bestandsanstieg (BRÄGER et al. in Vorb.). BRÄGER & NEHLS (1987) vertreten sogar die Auffassung, daß der Bestand der Eiderente in der Kieler Bucht seit Mitte der siebziger Jahre konstant geblieben ist.

Diese Tatsache ist nicht nur deshalb erstaunlich, weil die Meeresenten in den umliegenden Überwinterungsgebieten zugenommen haben. Aus der Kieler Bucht vorliegende Daten zu langfristigen Veränderungen der Besiedelung des Meeresbodens mit Makrofauna lassen eigentlich darauf schließen, daß sich die

Ernährungsbedingungen für Meeresenten in den zurückliegenden Jahren wesentlich verbessert haben. BREY (1984, 1986) vergleicht die von ihm 1982 gefundenen Biomassewerte aus der Hohwachter Bucht und vom Flüggesand (10 bis 12 m Wassertiefe) mit denen von KÜHLMORGEN-HILLE (1965) aus den sechziger Jahren. Er stellt fest, daß sich die mittlere Molluskenbiomasse in einem Zeitraum von ungefähr zwanzig Jahren dort fast verfünffacht hat. WEIGELT (1987) beschreibt Strukturveränderungen innerhalb der *Abra-alba* - Gemeinschaft unter dem Einfluß von Sauerstoffmangelerscheinungen. Danach kann es bei einer Stagnation des Bodenwassers in den tiefen Bereichen der Kieler Bucht oder bei bestimmten Einstromlagen in die Rinnensysteme zu katastrophalen Biomassenverlusten kommen. Dieses ist aber nur eine Auswirkung der sich verändernden Sauerstoff und Nährstoffverhältnisse; eine andere ist die, daß sich die Verbreitungsschwerpunkte einiger typischer Tiefwasserarten wie z.B. *Arctica islandica* in höhere Bereiche verlegt haben. In diesen Gebieten stellt *Arctica islandica* eine wichtige Nahrungsressource insbesondere für adulte Eiderenten dar (MEISSNER & BRÄGER 1990).

Die Zählergebnisse des Untersuchungswinters 1990/91 deuten ebenfalls für keine der drei Entenarten auf einen Bestandsanstieg hin; sie liegen im Vergleich zu den vier Vorjahren sogar verhältnismäßig niedrig (Abb. 8,10 und 12). Hinsichtlich der räumlich-zeitlichen Nutzung des Untersuchungsgebietes verhielten sich alle drei Arten typisch. Sie hielten sich zu Anfang der Überwinterungssaison bevorzugt auf den Flachgründen auf. Die Eiderente begann spätestens Mitte Januar, diese zu verlassen und wanderte wahrscheinlich zum größten Teil in dänische Gewässer ab. In den Küstengewässern nahmen insbesondere die Eiderenten und die Eisenten im März zu. Es ist nicht mit Sicherheit zu sagen, ob es sich dabei um Vögel handelt, die sich vorher auf den Flachgründen oder in den Tiefwassergebieten des Untersuchungsgebietes aufgehalten haben, oder ob es sich um heimziehende Überwinterer aus dem Wattenmeer handelt. Die hohe Anzahl an Trauerenten im Februar deutet hingegen klar auf einen frühen Durchzug hin. Ihre Hauptüberwinterungsgebiete liegen weit südlich bzw. südwestlich des Untersuchungsgebietes, so daß die Zahl der von der Nordsee

und vom Atlantischen Ozean her durchziehenden Trauerenten den hier überwinternden Bestand bei weitem übertrifft. Diese nur kurzzeitig im Gebiet verbleibenden Vögel lassen sich ebenso wie die Überwinterer größtenteils auf den Flachgründen nieder.

### 5.3. Die Nahrung der Meeresenten

Die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse dienen hier der Charakterisierung der ausgewählten Probeflächen bzw. einiger Verbreitungsschwerpunkte der Eiderente in der Kieler Bucht und sollen die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse von KIRCHHOFF (1979) für diese Gebiete überprüfen. Meeresenten sind keine ausgesprochenen Nahrungsspezialisten. In den meisten Teilgebieten ihrer Jahreslebensräume ernähren sie sich, ebenso wie in der Kieler Bucht, überwiegend von Mollusken (MADSEN 1954). In Gebieten, wo die Hauptbeutetiere nicht ausreichend vorhanden oder erreichbar sind, oder wo sich andere Nahrungsressourcen im Überfluß anbieten, kann ihre Nahrungszusammensetzung sehr von den für dieses Untersuchungsgebiet gefundenen Verhältnissen abweichen.

#### 5.3.1. Die Nahrung der Meeresenten in ihren Jahreslebensräumen

Im Ostteil des Finnischen Meerbusens wo die Miesmuschel wegen des niedrigen Salzgehaltes fehlt, fressen die Eiderenten z.B. überwiegend den Isopoden *Mesidothea entomon* (BAGGE et al. 1973; SEGERSTRALE 1947). In Nordnorwegen ernähren sich die Eiderente, die Prachteiderente (*Somateria spectabilis*) und die Eisente zu bestimmten Jahreszeiten von dem Laich der Fischarten *Mallotus villosus* (GJOSAETER & SATERE 1974) oder *Cyclopterus lumpus* (BUSTNES & ERIKSTAD 1988). Eisenten, die den Winter vor der Küste von Mecklenburg Vorpommern und vor der polnischen Küste verbringen, versammeln sich im Frühjahr in großer Zahl im Greifswalder Bodden und ernähren sich dort von Heringslaich (*Clypea harengus*) (LEIPE 1982, 1985; LEIPE & SCABELL 1990; SELIN 1990). STEMPNIIEWICZ (1986) fand in den Gewässern

vor Danzig 20% bzw. 40% (adulte) Fische (*Ammodytes tobianus* und *Hyperoplus lanceolatus* ) in der Nahrung von Trauer- und Samtenten.

### 5.3.2. Die Nahrung der Meeresenten in der Kieler Bucht

In der Kieler Bucht sind im Flachwasser die Arten *Mytilus edulis* , *Cerastoderma edule* und *Mya arenaria* die wichtigsten Beutetiere von Eider- und Trauerente; *Cerastoderma fasciatum* hat in mittleren Wassertiefen eine Bedeutung für die Trauerente und die Eisente. Im Bereich zwischen 10 und 17 m Wassertiefe werden *Astarte borealis* und *Astarte elliptica* häufig von der Eiderente und der Trauerente aufgenommen; von ca. 15 bis 22 m stellen die Arten *Arctica islandica* und *Mya truncata* den größten Anteil ihrer Nahrung.

Die Miesmuschel nimmt wegen ihrer andersartigen Lebensweise und Verteilungsform unter allen Beutetieren eine Sonderrolle ein. Sie ist auf allen Flachgründen, die von der Eiderente intensiv genutzt werden, vertreten (BREY 1984 und Ergebnisse dieser Arbeit) und bestimmt maßgeblich deren Verbreitungsmuster im Untersuchungsgebiet. Eine tauchende Ente findet auf Miesmuschelbänken auf kleiner Fläche ein Vielfaches der auf "normalen" Sedimenten vorhandenen Biomasse vor; sie braucht die Nahrung unter Wasser nicht zu suchen und auch nicht auszugraben.

## 5.4. Die Wahl des Nahrungsgrundes

### 5.4.1. (lokal) Wo treten die großen Schwärme der Meeresenten auf?

Die Gebiete Stoller Grund (7), Marienfelde (9), Kolberger Heide (12), Kalkgrund (1) und Schlauch (16) wurden unter anderem deshalb als Probestellen ausgesucht, weil sie als traditionelle Verbreitungsschwerpunkte der Eiderente bekannt waren. Die auf den drei erstgenannten Flächen festgestellten Biomassen haben die höchsten Werte, die jemals in der Kieler Bucht nachgewiesen wurden. Nur KIRCHHOFFs (1979) Ergebnisse von einer *Mytilus*bank in



der Hohwachter Bucht liegen in einer vergleichbaren Größenordnung; er wählte seine Positionen ebenfalls nach der Verteilung der Entenschwärme aus.

Im Eutrophierungsgradienten der Flensburger Förde untersuchte SCHUSTER (1984) den Bestand und das Wachstum von Miesmuscheln und fand dort an einigen Stationen noch sehr viel dichtere und vor allem ältere Bänke mit z.T. besonders großen Individuen. Die Proben wurden dort jedoch von Tauchern genommen, d.h. sie wurden nicht dem Zufall nach gewählt, sondern die Zentren der Miesmuschelbänke wurden zielgerichtet aufgesucht.

Auf den Schiffsausfahrten konnte festgestellt werden, daß sich die Eiderenten innerhalb der Probeflächen schwerpunktmäßig dort aufhielten, wo mit dem Van-Veen-Greifer die höchste Biomasse, d.h. dichte Miesmuschelbänke gefunden wurden. Die Beobachtung, daß von den Probeflächen vertriebene Vögel diese nach Beendigung einer Störung wieder aufsuchten, weist darauf hin, daß eine Bindung an einen einmal gewählten geeigneten Nahrungsgrund besteht.

Damit sehe ich es als erwiesen an, daß die Eiderenten sehr gut dazu in der Lage sind, auch im Sublitoral Orte hoher Biomasse zu finden und zu nutzen. Insbesondere am Kalkgrund (Position1, Abb. 6) konnte beobachtet werden, daß sich die Eiderenten über den dichtesten Miesmuschelbeständen konzentrieren.

An der Trauerente fallen einige Besonderheiten auf. Zum ersten ist das ihr unstetes Verhalten hinsichtlich ihrer Nahrungsplatzwahl, das darin zum Ausdruck kommt, daß sie auch bei kurzzeitig aufeinander folgenden Zählungen oftmals an verschiedenen Orten angetroffen wird. Zum zweiten hält sie sich oft dort auf, wo ein steiler Gradient in der Wassertiefe besteht (ich beziehe mich auf Schiffszählungen, bei denen die Wassertiefe mit einem Tiefenschreiber protokolliert wurde). Dieses sind Bereiche, in denen Bodenströmungen häufig zu Erosionserscheinungen führen und die im Sediment lebende Fauna freilegen (ALTENKIRCH 1977). LEIPE (1985) weist mit direkten Tauchbeobachtungen nach, daß Mollusken wie z.B. die Sandklaffmuscheln durch windinduzierte

Waserbewegungen sortiert werden und sich an Strömungskanten auf dem Sediment konzentrieren. Nach den Ergebnissen der Nahrungsinhaltsuntersuchungen ist die Trauerente offenbar dazu in der Lage, diese reichhaltigen aber nur kurzzeitig zur Verfügung stehenden Nahrungsangebote zu finden und zu nutzen. Damit wäre wenigstens das Auftreten der einen Art der Sandklaffmuscheln (*Mya arenaria*) in der Nahrung der Meeresenten erklärbar. Für die tieferlebende *Mya truncata* sind derartige Prozesse unwahrscheinlich.

Ich schließe mich nicht der These KIRCHHOFFs (1979) und anderer Autoren an, daß die Enten die Sandklaffmuscheln an den Siphonen aus dem Sediment herausziehen. Die abgerissenen Siphone in der Nahrung der Enten, die zur Stützung dieser Hypothese herangezogen werden, weisen gerade darauf hin, daß die Sollbruchstellen der Siphone als Fraßschutzmechanismen der Muscheln funktionieren. Unveröffentlichtes Photomaterial von K. Valentin und M. Wahl (Zoologisches Institut der Universität Kiel) zeigt, daß *Mya truncata* in Situationen von Sauerstoffmangelerscheinungen das Sediment verläßt und den Siphon über die anoxische bodennahe Grenzschrift hinaus in die freie Wassersäule hält. Es ist bisher nicht untersucht, ob die größeren Tiere dazu in der Lage sind, sich nach einer Normalisierung der Sauerstoffkonzentrationen wieder in das Sediment einzugraben.

Der genau auf die Laichzeit des Herings terminierte Zug der Eisente in den Greifswalder Bodden (Mecklenburg Vorpommern) zeigt die Anpassungsfähigkeit dieser Art, auf günstige Ernährungsbedingungen zu reagieren. In Ihrem Artikel "Die Eisentenwalze oder eine effektive Strategie der kollektiven Nahrungssuche am Meeresboden durch *Clangula hyemalis*" beschreiben LEIPE & SCABELL (1990) detailliert wie die Eisenten optimale Nahrungsplätze suchen und finden.

#### 5.4.2. (modal) Wie finden die Meeresenten die Nahrungsgründe?

Die Neigung, sich zu sammeln und Gemeinschaften zu bilden, gehört zum genetisch fixierten Verhaltensrepertoire von Entenvögeln (RUTSCHKE 1989).

Die Tatsache, daß sich die Meeresenten in dichten Schwärmen über den Nahrungsgründen mit hohen Molluskenbeständen aufhalten oder diese gegebenenfalls verlassen, ist also nicht nur durch Zufall bedingt. Nicht jede Ente einzeln muß den für sie geeigneten Nahrungsplatz finden. Eine Gruppe von Individuen, die einmal, sei es durch Zufall oder aus einer Tradition heraus, eine Miesmuschelbank gefunden hat und dort verweilt, übt eine Anziehungskraft auf überfliegende Artgenossen oder auch artfremde Vögel aus. Wenn zusätzlich bei jedem Individuum die Bereitschaft besteht, ein suboptimales Nahrungsgebiet wieder aufzugeben ("Optimal foraging", siehe z.B. CHARNOV 1976), dann läuft durch den gesamten Überwinterungsbestand immerwährend ein statistischer Suchprozeß ab, der dazu führen kann, daß sich die Verbreitungsmuster der Meeresenten den aktuellen Ernährungsbedingungen im Gebiet anpassen. Für äsende Wildgänse wurde die Existenz solcher Mechanismen von DRENT et al. (1978) nachgewiesen.



Abb. 27: Im Anflug auf das Vejsnæs Flak am 21. Oktober 1990.

Die Eiderenten versammeln sich auf den Flachgründen zu dichten Schwärmen, die schon von fern als weiße Flecken auf dem Wasser erkennbar sind.

5.4.3. (temporal / konditional) Wann bzw. unter welchen Bedingungen halten sich die Meeresenten auf welchen Nahrungsgründen auf?

Die Ergebnisse von der Probefläche Stoller Grund (7) zur Entwicklung des Eiderentenbestandes einerseits und zur Entwicklung der Molluskenbiomasse andererseits zeigen einen deutlich parallelen Verlauf. Nachdem die ca. 4.000 Eiderenten die Probefläche im Zeitraum zwischen dem 15.12.1990 und dem 12.01.1991 fast alle verlassen hatten, wurde dort am 22.01.1991 nur noch knapp 10% der im Herbst vorhandenen Biomasse gefunden (Abb.14). Diese Reduktion fiel in ihrem Ausmaß wesentlich krasser als erwartet aus.

An den Stationen der Probeflächen in den Küstengewässern nahm die Molluskenbiomasse relativ gleichmäßig über den Winter ab (Abb.15 und 16). Als die Entenzahlen dort zur zweiten Winterhälfte hin zunahmen, war noch reichlich Nahrung für sie vorhanden. Bei der dritten Probennahme im März waren sogar sowohl im Gebiet Marienfelde (9) als auch an der Kolberger Heide (12) noch wesentlich mehr Miesmuscheln vorhanden als am Stoller Grund (7) im Januar.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit der beschriebenen Verteilung der Eiderente, dann kann festgestellt werden, daß diese Entenart im Verlauf des Winters einen Flachgrund mit reduziertem Molluskenbestand verließ und solche Gebiete aufsuchte, in denen bessere Ernährungsbedingungen vorlagen. Bestandsverlagerungen werden also offenbar tatsächlich durch ein im Verlauf des Winters verändertes Nahrungsangebot bestimmt.

Trauerenten hielten sich hingegen auch nach dem Verschwinden der Miesmuschelbänke auf der Probefläche und in anderen Bereichen des Stoller Grund auf (Tab.1). Wie in den vergangenen Jahren wurden sie gerade zum Frühjahr hin in großer Anzahl auf den Flachgründen angetroffen (Abb.13). Die Benthosproben aus dem Januar vom Stoller Grund geben keine Hinweise darauf, daß dort ein besonders attraktives Nahrungsangebot für Trauerenten bestanden hätte.

Es ist möglich, daß ein Großteil der Trauerenten - nämlich die von der Nordsee her durchziehenden Vögel - sich garnicht im Gebiet aufhalten, um sich dort zu ernähren. Sie könnten nach dem Überlandflug eine kurze Rast einlegen und das Gebiet sofort wieder verlassen. Das würde die im Frühjahr stark variierenden Zählergebnisse für diese Art erklären. Es könnte demnach ein rastender Schwarm während einer Zählung zufällig angetroffen werden - oder aber dieser Schwarm könnte das Gebiet auch gerade wieder verlassen haben.

Es wurden jedoch immer wieder auch im Februar Trauerenten in den Stellnetzen gefangen, womit gezeigt werden kann, daß sich zumindest ein Teil von ihnen auch im Frühjahr auf den Flachgründen ernährt. KIRCHHOFF (1979) bezeichnet die Trauerente und die Eisente als "*Cardium fresser*" (synonym mit *Cerastoderma* , Herzmuschel) und stellt sie der Eiderente als "*Mytilus fresser*" gegenüber. Diese Bezeichnungen sind allerdings nicht absolut gemeint, sondern sie sollen auf die Nahrungspräferenzen dieser Entenarten im Sinne einer ökologischen Einnischung hinweisen.

Diese Präferenzen konnten inzwischen für viele Gebiete der Kieler Bucht bestätigt werden (Abb. 6, MEISSNER & BRÄGER 1990). Wurden Trauerenten und Eiderenten zusammen in einem Netz gefangen, so war auch in diesem Untersuchungswinter immer der Herzmuschelanteil in der Nahrung der Trauerente größer als der in der Eiderente (siehe Abb.17 b, c; Abb.18 a, b; Abb.19 a bis d). Am Gabelsflach (Position 8) wurde ein Verbreitungsschwerpunkt der Eisente festgestellt, an dem *Cerastoderma fasciatum* nach *Macoma baltica* die zweithäufigste Muschelart war. Dieses deutet darauf hin, daß KIRCHHOFFs (1979) Ergebnisse zur Nahrung dieser Entenart auf die Flachgründe der Kieler Bucht übertragbar sind. Am Gabelsflach wurden keine Miesmuschelbänke gefunden (eigene Ergebnisse dieser Arbeit und BREY 1989).

Die Nahrungsanalysen von der Kolberger Heide (Position 12) und vom Flüggesand (Positionen 19 und 20) zeigen allerdings beispielhaft, daß auch die Trauerente Miesmuschelbänke aufsucht, um sich dort zu ernähren (Abb.17 und

Abb. 19). Es muß deutlich unterschieden werden einerseits zwischen der Präferenz für die Wahl eines Nahrungsgrundes mit einer bestimmten Artenzusammensetzung oder Biomasse, und andererseits der Präferenz für die Wahl der Beutetiere an einem vorgegebenen Ort. Die Präferenz erster Art wird mit der Kartierung von Verbreitungsmustern und gleichzeitigen benthologischen Untersuchungen beschrieben; die Präferenz zweiter Art wird mit einem Vergleich der Nahrungsinhalte zweier Entenarten aus einem Netz untersucht. Erst alle Methoden zusammen ergeben ein korrektes Bild von den Nahrungsgewohnheiten der Meeresenten und lassen interspezifische Unterschiede oder Gemeinsamkeiten deutlich werden. Berücksichtigt man diese Überlegung in bezug auf die Ergebnisse vom Flüggesand, so können die aus diesem Gebiet vorliegenden Ergebnisse bei der Klärung der Frage helfen, warum sich die Trauerenten auch nach dem Abzug der Eiderenten noch auf den Flachgründen aufhalten.

Im Herbst ernährten sich beide Entenarten auf dem Flüggesand zu mehr als 50% von Miesmuscheln (Abb.19 a, b). Für den Stoller Grund wurde festgestellt, daß bis etwa Mitte Januar die Hauptnahrung der Eiderente, nämlich *Mytilus edulis* verloren ging. Wenn dieser Befund auf den Flachgrund Flüggesand übertragbar ist, dann ist erklärlich, warum auch dort die Zahl der Eiderenten zum Mittwinter deutlich abnahm. In der Tat reduzierte sich der Anteil der Miesmuschel in ihrer Nahrung zum Frühjahr von 71% auf 22% (Abb.19 a, c), so daß - wenn zusätzlich die Verteilung dieser Entenart auf die verschiedenen Gebietstypen berücksichtigt wird - festzustellen ist, daß die Miesmuschel auf den Flachgründen in der zweiten Winterhälfte für die sich im Untersuchungsgebiet aufhaltenden Enten eine untergeordnete Rolle als Nahrungstier spielt. Die Trauerenten sind offenbar in geringerem Maße auf diese Nahrungsressource angewiesen und ernähren sich im Frühjahr auf den Flachgründen überwiegend von Herz- und Sandklaffmuscheln (Abb.19c). Sie werden von den starken Abnahmen der Biomasse auf den Miesmuschelbänken weniger betroffen und zeigen deshalb keine regelmäßigen Bestandsverlagerungen im Verlauf der Überwinterungssaison. Die von ihnen "bevorzugte" Nahrung ist gleichmäßiger über das Untersuchungsgebiet verteilt und ebenfalls reichlich vorhanden (BREY



1984). Sie ist aber aufgrund des wechselhaften Zusammenspiels der abiotischen Faktoren zu nicht vorhersehbaren Zeiten leichter oder schwerer erreichbar. Deshalb treten die Trauerenten im Untersuchungsgebiet einmal verstreut und dann wieder in dichten Schwärmen an unterschiedlichen Orten auf.

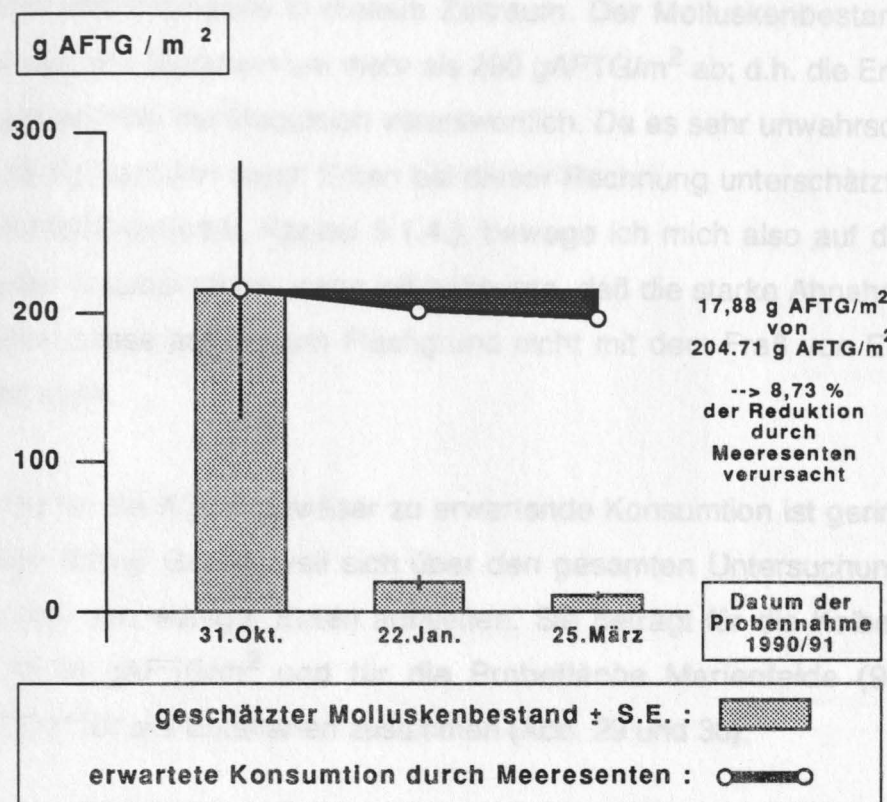
#### 5.4.4. (kausal) Wodurch ist die Reduktion der Nahrungsressourcen begründet?

Bis hierher wurde das Vorkommen überwinternder Meeresenten in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot in der Kieler Bucht untersucht. Damit ist aber noch nichts darüber gesagt, wodurch die so unterschiedlich starke Reduktion der Molluskenbiomasse in den einzelnen Gebietstypen eigentlich hervorgerufen wird. Um zu beurteilen, in welchem Maße die Meeresenten selbst durch ihre Konsumtion zu diesem Phänomen beitragen, soll im Folgenden eine grobe Abschätzung ihres Nahrungsbedarfes vorgenommen werden.

Für die Eiderente setze ich einen von SWENNEN (1976) experimentell ermittelter Nahrungsbedarf von 138 gAFTG pro Tag an. Dieser Wert bezieht sich auf ein durchschnittliches Gewicht von Eiderenten und berücksichtigt gegenüber dem an in Gefangenschaft lebenden Enten gemessenen Wert eine Steigerung des Nahrungsbedarfes von 30% für Aktivität im Freiland. Eine Molluskenbiomasse von 138 gAFTG entsprechen nach BREY et al. (1986) einem Energiegehalt von ca. 3.000 kJ. Für die beiden kleineren Arten, Trauerente und Eisente, veranschlage ich wegen ihres geringeren Körpergewichtes von ca. 1.200 g bzw. ca. 850 g (BAUER & GLUTZ VON BLOTZHEIM, 3, 1969) nach ASCHOFF & POHL (1970) einen durchschnittlichen Energiebedarf von ca. 1.500 kJ bzw. 1.100 kJ pro Tag. Das entspricht einer täglich benötigten Nahrung von ca. 66 gAFTG für die Trauerente und ca. 47 gAFTG für die Eisente. (siehe S. 70 Methodenkritik, Kapitel 5.1.4.1. Zur Konsumtion der Meeresenten)

Für jede Entenart wurden die zwischen den drei Probenahmeterminen auf den Probeflächen zugebrachten Vogeltage addiert (Tab.1-3) und dann mit den Werten des täglichen Nahrungsbedarfs multipliziert. Daraus ergibt sich die für

die Meeresenten zu erwartende Konsumtion auf den jeweils 3 km<sup>2</sup> großen Flächen. Diese wird auf einen Quadratmeter bezogen und der Reduktion der Molluskenbiomasse an den Positionen Stoller Grund (7), Marienfelde (9) und Kolberger Heide (12) gegenübergestellt (Abb.28 bis 30). (siehe Methodenkritik, Kapitel 5.1.4.2. Zur Reduktion des Molluskenbestandes)



**Abb. 28:** Bilanz der Molluskenbiomasse und des Nahrungsbedarfes der Meeresenten für die Probefläche Stoller Grund (7).

Der Nahrungsbedarf ist kumulativ als Zehrung von der im Herbst festgestellten Biomasse dargestellt.



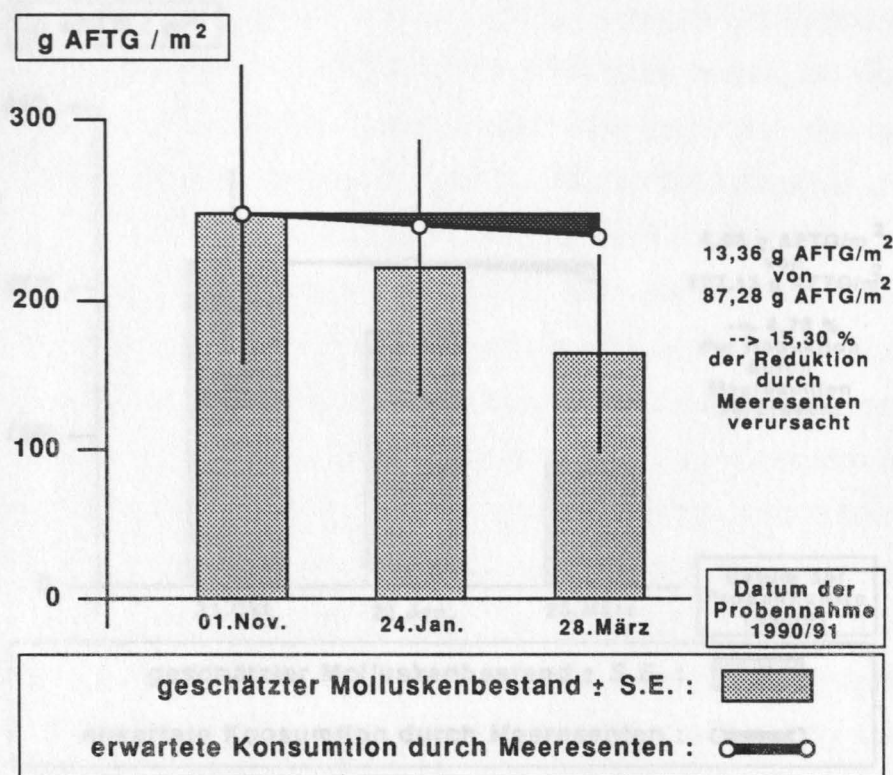
Entsprechend der Anzahl der Vogeltage kann erwartet werden, daß die durch Meeresenten verursachte Zehrung am Molluskenbestand auf dem Stoller Grund am höchsten war. Allein für die Konsumtion der Eiderente errechnet sich ein Wert von 13,41 gAFTG pro Quadratmeter Probefläche für die ersten 84 Tage der Untersuchung. Mit zusätzlichen 1,14 gAFTG pro Quadratmeter bis zum 25. März (62 Tage) stellt sie über 80% der von allen drei Entenarten zusammen zu erwartenden Konsumtion von 17,88 gAFTG/m<sup>2</sup> (siehe Abb.28).

Dieser Betrag ist aber sehr gering gegenüber der festgestellten Reduktion der Molluskenbiomasse in diesem Zeitraum. Der Molluskenbestand nahm im Mittel über alle Stationen um mehr als 200 gAFTG/m<sup>2</sup> ab; d.h. die Enten sind für weniger als 10% der Reduktion verantwortlich. Da es sehr unwahrscheinlich ist, daß die Konsumtion durch Enten bei dieser Rechnung unterschätzt worden ist (siehe Methodenkritik, Kapitel 5.1.4.), bewege ich mich also auf der sicheren Seite der Argumentation, wenn ich behaupte, daß die starke Abnahme der Molluskenbiomasse auf diesem Flachgrund nicht mit dem Fraß von Enten erklärt werden kann.

Die für die Küstengewässer zu erwartende Konsumtion ist geringer als die auf dem Stoller Grund, weil sich über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet dort weniger Enten aufhielten. Sie beträgt für die Kolberger Heide (12) 13,36 gAFTG/m<sup>2</sup> und für die Probefläche Marienfelde (9) nur 6,08 gAFTG/m<sup>2</sup> für alle Entenarten zusammen (Abb. 29 und 30).

Da die Molluskenbiomasse in diesen Gebieten jedoch weniger abnahm als am Stoller Grund, errechnet sich für die Kolberger Heide ein relativ höherer Anteil an der Gesamtreduktion. Der Molluskenbestand geht durchschnittlich um ca. 87,28 gAFTG/m<sup>2</sup> zurück, d.h. die Konsumtion der Meeresenten könnte immerhin für ca. 15% der Gesamtreduktion verantwortlich sein (Abb. 29).

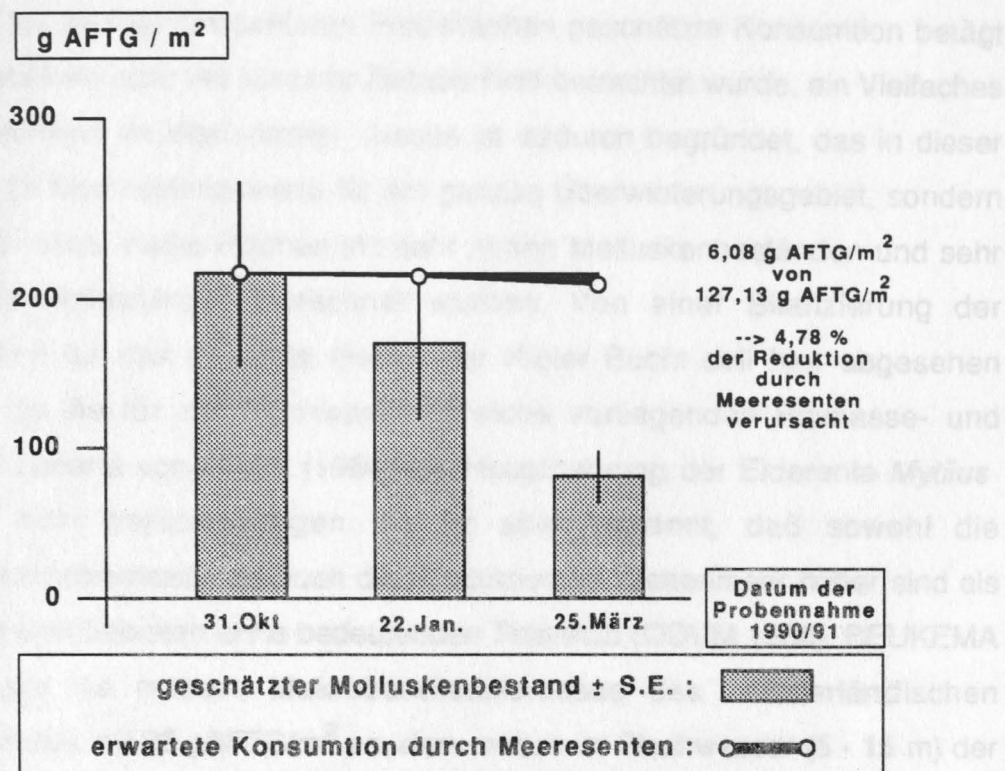
Es ist aber möglich, daß die Konsumtion der Enten überschätzt worden ist (siehe Methodenkritik, Kapitel 5.1.4.); auf die Probleme bei der Probennahme an den Stationen mit den höchsten Muschelbeständen an der Kolberger Heide wurde bereits hingewiesen (Kapitel 4.3.3.).



**Abb. 29:** Bilanz der Molluskenbiomasse und des Nahrungsbedarfes der Meeresenten für die Probefläche Kolberger Heide (12).

Der Nahrungsbedarf ist kumulativ als Zehrung von der im Herbst festgestellten Biomasse dargestellt.

Für die Probefläche Marienfelde kann der durch Enten verursachte Anteil an der Gesamtreduktion der Molluskenfauna mit weniger als 5% als sehr gering eingeschätzt werden (Abb. 30).



**Abb. 30:** Bilanz der Molluskenbiomasse und des Nahrungsbedarfes der Meeressäuger für die Probefläche Marienfelde (9)

Der Nahrungsbedarf ist kumulativ als Zehrung von der im Herbst festgestellten Biomasse dargestellt.

Die errechneten Werte für die Konsumtion der Meeresenten, insbesondere die für die Eiderente, sind außergewöhnlich hoch. NEHLS (1991) berechnet nach der selben Methode für das schleswig-holsteinische Wattenmeer eine Konsumtion der Eiderente von durchschnittlich nur  $1,9 \text{ g AFTG m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ , was ca. 5 bis 7% der dort vorhandenen mittleren Biomasse beträgt. Für alle Vogelarten zusammen wird die jährliche Konsumtion dort auf ca.  $4,4 \text{ g AFTG m}^{-2} \text{ y}^{-1}$  geschätzt (DRENKHAHN, in BUSCHE 1980; NEHLS 1991).

Die für die hier betrachteten Probeflächen geschätzte Konsumtion beträgt also, obwohl ein sehr viel kürzerer Zeitabschnitt betrachtet wurde, ein Vielfaches der Konsumtion im Wattenmeer. Dieses ist dadurch begründet, das in dieser Arbeit nicht Durchschnittswerte für ein ganzes Überwinterungsgebiet, sondern Werte für relativ kleine Flächen mit sehr hohen Molluskenbeständen und sehr hohen Entenbeständen berechnet wurden. Von einer Bilanzierung der Konsumtion für das gesamte Gebiet der Kieler Bucht soll hier abgesehen werden, da die für die Flachwasserbereiche vorliegenden Biomasse- und Produktionswerte von BREY (1984) die Hauptnahrung der Eiderente *Mytilus edulis* nicht berücksichtigen. Es ist aber bekannt, daß sowohl die Makrobenthosbiomasse als auch die Produktion im Wattenmeer höher sind als in sublitoralen Gebieten ohne bedeutenden Tidenhub (ODUM 1980). BEUKEMA (1976) gibt die mittlere Makrobenthosbiomasse des niederländischen Wattenmeeres mit  $26 \text{ gAFTG/m}^2$  an, dem stehen im Flachwasser (5 - 15 m) der Kieler Bucht nur ca.  $14 \text{ gAFTG/m}^2$  gegenüber (BREY 1984).

Diese Durchschnittswerte sind jedoch ohne Belang dafür, ob ein Meeresgebiet für die Enten als Überwinterungsgebiet geeignet ist oder nicht. Für sie ist vielmehr die Verteilung und die Erreichbarkeit geeigneter Nahrung wichtig. Die Ergebnisse vom Stoller Grund zeigen, daß zumindest die Eiderente ein Teilgebiet verläßt, wenn die Molluskenbiomasse unter einen bestimmten Wert absinkt. Dieser Grenzwert ist nicht bekannt, er liegt aber offenbar noch über dem von BREY (1984) bestimmten Durchschnittswert für die Flachwasserbereiche der Kieler Bucht. Das bedeutet, daß wahrscheinlich der

weitaus größte Teil der Fläche der Kieler Bucht als Nahrungsgebiet für die Eiderente ungeeignet ist und daß nur die Orte, an denen die Biomasse überdurchschnittlich hoch ist, die Attraktivität dieses Überwinterungsgebietes ausmachen.

Mit den Probeflächen wurden eben solche attraktiven Orte untersucht. Für keines der Gebiete kann nachgewiesen werden, daß die Meeresenten maßgeblich für die Reduktion der Biomasse verursacht hätten. Die Konsumtion der Vögel ist im Vergleich zu dem vor Beginn des Winters vorhandenen Nahrungsangebot zu gering, als daß man annehmen könnte, daß sie selbst maßgeblich für die Reduktion des Molluskenbestandes verantwortlich wären. Insbesondere auf dem Stoller Grund müssen andere Faktoren für das Schicksal der Miesmuscheln bestimmend sein.

Nach den Untersuchungen KIRCHHOFFs (1979) waren in der Howachter Bucht in den Wintern 1977/78 und 1978/79 Enten für ca. 20% des Rückgangs der Makrobenthosbiomasse verantwortlich. Ein großer Anteil des Miesmuschelbestandes fiel dem Frost und der mechanischen Einwirkung von treibenden Eisschollen zum Opfer. In harten Wintern treten nach Meinung KIRCHHOFFs in den flachen Bereichen der Kieler Bucht alle biologischen Einflüsse auf das Benthos hinter denen der physikalischen Faktoren zurück. Im Winter 1990/91 herrschten aber normale Temperaturen vor; die erste Winterhälfte war sogar ausgesprochen mild und es kam im Bereich der Flachgründe zu keiner Eisbildung (Auskunft vom Wetteramt Schleswig und eigene Beobachtung).

Als weitere Prädatoren neben den Meeresenten kommen Plattfische, der Seestern und eventuell der Dorsch in Frage (Abb. 31 und 32). Diese hätten aber nicht unselektiv alle Muschelgrößen gefressen (ARNTZ 1970) oder sie hätten wenigstens Schalenreste hinterlassen (NAUEN 1978b). Das Ausmaß der Reduktion des Miesmuschelbestandes auf dem Stoller Grund und die Tatsache, daß die Eiderenten diesen Nahrungsgrund so plötzlich verließen, spricht meiner Meinung nach doch für die Einwirkung abiotischer Faktoren.



a)



b)



**Abb. 31:** Von den Mollusken ernähren sich neben den Meeresenten auch Seesterne (a) und Fische (b). Sie halten sich ebenfalls in der ersten Winterhälfte bevorzugt auf den Flachgründen auf, letztere geben den Fischern den Anlaß dort gerade während der Überwinterungs-saison der Enten die Stellnetze aufzustellen.

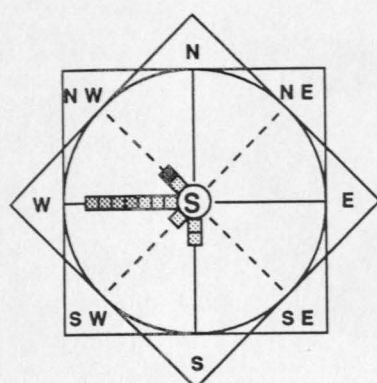
Zur die Bedeutung abiotischer Faktoren für den winterlichen Rückgang der Benthosbiomasse auf den Flachgründen gibt es folgende Hinweise:

BREY (1989) untersuchte den Einfluß physikalischer und biologischer Faktoren auf die Struktur und die Dynamik der sublitoralen *Macoma* -Gemeinschaft in der Kieler Bucht. Er stellt fest, daß die makrozoobenthische Gemeinschaft unterhalb von 12 m Wassertiefe im Winter wesentlich durch großräumige hydrodynamische Störungen beeinflusst wird. GRAFENSTEIN (1982) untersuchte auf dem Stoller Grund die Erosionswirkung von Seegang. Er konnte während eines Jahres 16 Ereignisse nachweisen, bei denen es zu Sedimentumlagerungen und Erosionserscheinungen kam. Zehn dieser Ereignisse fanden im Zeitraum zwischen November und März statt; sie wurden durch seeganginduzierte oszillierende Bodenströmungen hervorgerufen.

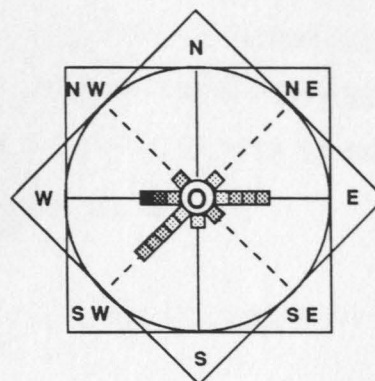
Der Witterungsverlauf im Winter 1990/91 läßt es plausibel erscheinen, daß derartige Ereignisse während des Untersuchungszeitraumes eingetreten sind. Ende Dezember setzte sich im Untersuchungsgebiet eine Starkwindwetterlage durch, die bis zum 11. Januar anhielt. An sechs aufeinanderfolgenden Tagen wurde um 14.30 Uhr M.E.Z. am Kieler Leuchtturm mehr als 5 Beaufort aus südwestlicher Richtung gemessen. Am 01. Januar 1991 wehte es mit 7, am 06. und 10. Januar 1991 wehte es mit 8 Beaufort (Abb. 32). Es wurden Tageshöchstgeschwindigkeiten des Windes von 28,8 und 31,8 m/s gemessen (ca. 11 Beaufort). In der Zeit vom 04. Februar bis zum 08. Februar 1991 wehte dann ein Sturm aus östlicher Richtung. Nach dieser Zeit fand ich an der Kolberger Heide und bei Marienfelde viele noch lebende an den Strand angespülte Miesmuscheln.

Stürme dieser Art sind in der westlichen Ostsee von Oktober bis Februar keine Seltenheit; die mittlere monatliche Windstärke ist am größten in den Monaten November und Januar (SCHWEIMER 1987).

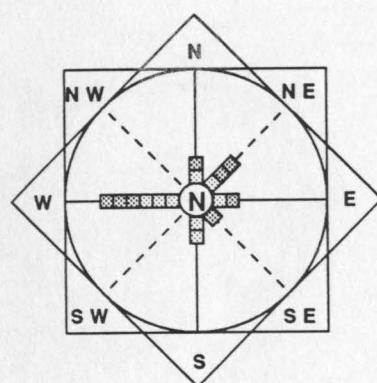




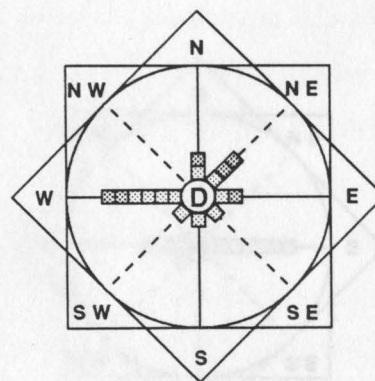
September



Oktober



November

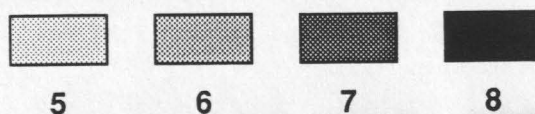


Dezember

**Abb. 32a:** Die Windintensität in der Kieler Bucht in der ersten Hälfte des Winters 1990/1991.

Dargestellt sind Tage, an denen an der Wetterstation Kiel Leuchtturm um 14.30 Uhr M.E.Z. Windgeschwindigkeiten von wenigstens 5 Beaufort (8 m/s) gemessen wurden. Die Summe der Rechtecke gibt Auskunft über die Häufigkeit starker Winde und deren Richtung.

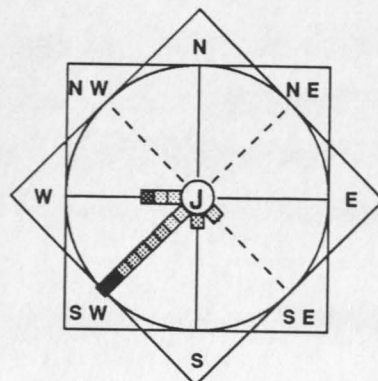
Die Schattierungen bedeuten:



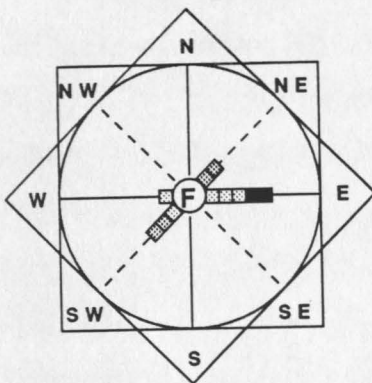
Beaufort

Fortsetzung für die zweite Winterhälfte siehe [Abb. 32b](#) -->

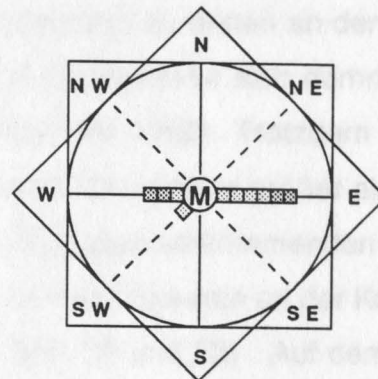




Januar



Februar

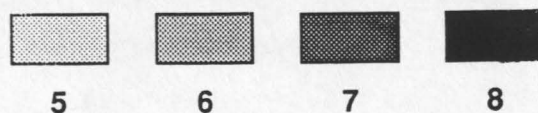


März

**Abb. 32b:** Die Windintensität in der Kieler Bucht in der zweiten Hälfte des Winters 1990/1991.

Dargestellt sind Tage, an denen an der Wetterstation Kiel Leuchtturm um 14.30 Uhr M.E.Z. Windgeschwindigkeiten von wenigstens 5 Beaufort (8 m/s) gemessen wurden. Die Summe der Rechtecke gibt Auskunft über die Häufigkeit starker Winde und deren Richtung.

Die Schattierungen bedeuten:



5

6

7

8

Beaufort

Da den Miesmuscheln auf dem Stoller Grund kaum Hartsubstrat zur Verfügung steht und sie zusammen mit Rotalgen den Wasserbewegungen eine große Angriffsfläche bieten, nehme ich an, daß sie während eines starken Sturmes im Januar in größere Wassertiefen transportiert wurden. Die Größenklassenverteilung und Altersstruktur der Miesmuscheln spricht dafür, daß es sich dabei sogar um ein jährlich wiederkehrendes Phänomen handelt.

#### 5.4.5. (kausal) Warum bevorzugen die Meeresenten in der ersten Winterhälfte die Flachgründe?

Es lag am Stoller Grund ein relativ enges Größenspektrum vor (Abb. 25) und auch die größten Muscheln wiesen im Gegensatz zu denen an der Kolberger Heide keine Wachstumsstörungsringe auf. Es handelte sich demnach um einjährige Individuen (SEED 1968, 1969; KAUTSKI 1982). Trotzdem war die mittlere Größe der Miesmuscheln auf dem Stoller Grund aber größer als die an der Kolberger Heide. Die dort im Oktober am häufigsten vorkommenden Größen entsprachen genau den Muschelgrößen, die von der Eiderente an der Kolberger Heide besonders oft gefressen wurden (vgl. Abb. 25 und 23) . Auf dem Stoller Grund waren offenbar im Sommer besonders gute Wachstumsbedingungen für die Miesmuschel gegeben, so daß einige Individuen sogar bis auf fast 50 mm heranwachsen konnten. Das saisonale Wachstum von Miesmuscheln in der westlichen Ostsee hat einen sigmoiden Verlauf; nur unter sehr guten Nährstoffbedingungen und ausreichender Sauerstoffversorgung wachsen sie im Sommer innerhalb von nur zwei Monaten auf über 20 mm heran und erreichen bis Oktober oder November Längen von 40 bis 50 mm (SCHUSTER 1984). Es ist bekannt, daß schnell wachsende Muscheln verhältnismäßig dünnchalig bleiben (z.B. GALBRAITH 1987). Bei den größten Miesmuscheln war dieser Unterschied zu den Muscheln von der Kolberger Heide schon mit bloßem Auge zu erkennen. Die großen Muscheln der Kolberger Heide waren außerdem wesentlich stärker mit Balaniden bewachsen.

Diese zusätzlichen Informationen machen es erklärbar, warum die Eider-

enten zu Anfang der Überwinterungssaison den Flachgrund dem Küstengewässer vorzogen. Ist Nahrung zu Beginn der Überwinterungssaison in verschiedenen Gebieten reichlich vorhanden, so entscheidet nicht nur die Quantität der erreichbaren Nahrung über die Wahl des Nahrungsplatzes, sondern auch die Qualität. Qualitativ hochwertig ist für wildlebende Tierarten eine Nahrung, die es ihnen erlaubt, während einer möglichst kurzen Zeit und unter möglichst geringem Arbeitsaufwand ein Maximum an Energie zu sich zu nehmen (z.B. DRAULANS 1982).

Darüber, welche Muschelgröße unter welchen Bedingungen das profitabelste Beutetier für die eine oder die andere Entenart ist, sind verschiedene Autoren sehr unterschiedlicher Auffassung (z.B. BUSTNES & ERIKSTAD 1990; DRAULANS 1982,1984; PLAYER 1971; SWENNEN 1976). Der Vergleich der von den Eiderenten an der Kolberger Heide gefressenen Miesmuscheln mit dem dort am Meeresboden vorhandenen Größenspektrum deutet darauf hin, daß die Eiderente dort die größeren Muscheln des Nahrungsangebotes bevorzugte (Abb. 20 bis 23). Dieser Befund sollte jedoch nicht überbewertet werden. Von einer "Bevorzugung" oder Selektion einer bestimmten Muschelgröße, z.B. aus Gründen der Profitabilität, kann im eigentlichen Sinne des Wortes nur dann gesprochen werden, wenn der Prädator gewissemaßen eine bewußte Entscheidung für ein Beutetier fällt, bzw. wenn er im Zweifelsfall auch dazu bereit ist, ein Beutetier zu vernachlässigen.

An der Kolberger Heide lagen aber gerade an den Stationen, welche die höchste Biomasse aufwiesen, mehrschichtige Miesmuschelbänke vor. In solchen Bänken konkurrieren die einzelnen Muschelindividuen um Raum, Nahrung und Sauerstoff (MEYER 1975; SCHUSTER 1984). Das führt dazu, daß die Längenhäufigkeiten vertikal nicht gleichmäßig verteilt sind. Die zuoberst lebenden Exemplare haben die besten Lebensbedingungen und drängen die in den unteren Schichten liegenden Muscheln in ihrem Wachstum zurück. Jede Miesmuschel ist mit ihrer geöffneten Seite vom Substrat abgewendet, um in dieser Konkurrenzsituation an einem möglichst frischen Wasserstrom teilzu-

haben (siehe Abb. 31a). Dem zur Folge sind auf diesen Nahrungsgründen die größten Miesmuschelindividuen am leichtesten für die Enten erreichbar und werden vielleicht nur aus diesem Grund am häufigsten gefressen. Das bedeutet nicht, daß die größeren Muscheln nicht trotzdem die profitablere Beute sein können; von einer Größenselektion kann dann jedoch nicht die Rede sein.

Unter diesem Aspekt wird auch erklärbar, warum sich die zunächst breite Längenhäufigkeitsverteilung an der Kolberger Heide im Verlauf des Winters so deutlich zu einer linkssteilen Verteilung hin verschob, obwohl der Fraß durch Enten nach den vorliegenden Ergebnissen als gering erachtet wurde. Die obersten Miesmuscheln einer Bank haben (im Sommer) zwar die besten Wachstumsbedingungen, sie sind aber auch (insbesondere im Winter) allen bedrohlichen Umwelteinflüssen am stärksten ausgesetzt ( z.B. dem Fraßdruck der Enten, Seesterne und Fische sowie der Erosionswirkung von Seegang und Eis).

Die Verteilungsform der Miesmuschellängen im Frühjahr stellt sich dar, wie die einer jungen Population - es handelt sich aber um die im letzten Sommer im Wachstum zurückgebliebenen Individuen, sogenannte Kümmerformen (SCHUSTER 1984) oder Wartestadien (MEYER 1975) , die sich nun an der Oberfläche der Miesmuschelbank befinden und von dem Van-Veen-Greifer vollständiger erfaßt werden. Da sie zwar klein aber zahlreich sind, dominieren sie in der Längenhäufigkeitsverteilung. Sie wachsen im kommenden Sommer heran und sind vielleicht im nächsten Winter die Nahrung der Eiderente.

Bei den Flachgründen, auf denen im Winter häufig Sedimentumlagerungen stattfinden, könnte es sich dem gegenüber um Ruderaflächen handeln, die jedes Jahr neu von Larven besiedelt werden. In diesem Fall würden die Miesmuscheln dort wie in einer Muschelkultur mit geringer intraspezifischer Konkurrenz durch bereits adulte Tiere heranwachsen und erreichten bis zum jeweils folgenden Erosionsereignis wahrscheinlich nur knapp die Geschlechtsreife.

Eine geringe Schalendicke schnell gewachsener Muscheln ist wegen des relativ höheren Fleischgehaltes sicherlich vorteilhaft für die Enten. Zum einen muß für eine benötigte Energiemenge seltener getaucht werden, zum anderen kann Energie für die Verdauung der Nahrung gespart werden (BUSTNES & ERIKSTAD 1990).

Aufgrund der in der weststlichen Ostsee vorherrschenden westlichen bis südwestlichen Windrichtungen sind Miesmuschelbänke, die sich an der Küste Schleswig-Holsteins oder auf den der Küste vorgelagerten Flachgründen befinden unterschiedlich stark von Stürmen betroffen. An der Küste liegen sie oft im Windschatten des Landes und außerdem ist in der Regel gröberes Restsediment vorhanden, das den Muscheln einen besseren Halt gibt als Sand und Kies. Werden in Küstengewässern doch Muscheln vom Sediment abgelöst, so werden sie bei östlichen Winden eher zum Strand hin transportiert als ins tiefere Wasser; d.h. die Erreichbarkeit dieser Nahrung der Meeresenten nimmt durch die Erosionswirkung des Seegangs eher zu als ab.

#### 5.5. Abschließende Diskussion und Ausblick

In der Populationsökologie ist es üblich, zwischen dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren zu unterscheiden, welche die Bestandshöhe einer Art insgesamt oder Teilpopulationen in einem Lebensraum regulieren können. Dichteabhängige Faktoren sind Nahrung und andere Ressourcen, Konkurrenz, Prädatoren, Krankheitserreger und Parasiten. Dichteunabhängige Faktoren sind Klima, Witterung, und andere abiotische Faktoren sowie die Beschaffenheit des Lebensraumes. Genau genommen ist eine strenge Unterscheidung zwischen dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren nicht möglich, denn es kann z.B. die Populationsdichte einer Art zur Veränderung des Lebensraumes beitragen, und Nahrung kann im Überfluß praktisch dichteunabhängig vorhanden sein (RUTSCHKE 1989).

Zur Erklärung der im Untersuchungsgebiet festgestellten Phänologien sowie der Tatsache, daß die Meeresentenbestände über die letzten Winter in der Kieler Bucht nicht angestiegen sind, wurde zu Anfang dieser Untersuchung die Arbeitshypothese aufgestellt, daß die Nahrungsressourcen auf den Flachgründen die Kapazität dieses Überwinterungsgebiet begrenzen. Weiterhin wurde angenommen, daß diese Nahrungsressourcen als dichteabhängige Faktoren regulierend wirken, indem sie durch die Konsumtion der Enten bis unter einen bestimmten durch mangelnde Profitabilität gekennzeichneten Grenzwert erschöpft würden.

Zumindest der zweite Teil der Hypothese muß nach den vorliegenden Ergebnissen abgelehnt werden. Eine direkte negative Rückkopplung zur Regulierung der Überwinterungsbestände der Meeresenten über die Konsumtion ist unwahrscheinlich.

Die abiotischen Faktoren, welche die Nahrungsressourcen der Meeresenten kontrollieren, wirken auf die verschiedenen Gebietstypen in unterschiedlicher Weise. Die Molluskenbestände der Küstengewässer sind normalerweise erst in der zweiten Winterhälfte gefährdet, wenn es bei kalten Ostwindwetterlagen zu einer Eisbedeckung kommt. Sturmperioden, welche die Epifauna der Flachgründe in Mitleidenschaft ziehen könnten, treten dagegen unregelmäßig auf. Es stellt sich also eine neue Frage, nämlich ob die Ergebnisse dieses Untersuchungswinters überhaupt in der Form zu verallgemeinern sind, daß sie zumindest die Phänologie der Eiderente auch für die vorhergehenden Jahre erklären können.

Im Winter 1990/91 fiel die Zeit der heftigsten Stürme gerade auf den Zeitraum, in dem die Enten die Flachgründe verließen, und auf dem Stoller Grund war danach keine ausreichende Nahrung mehr für sie vorhanden. Es sollte mit dieser Untersuchung jedoch eigentlich ein alljährlich etwa zur gleichen Jahreszeit auftretendes Phänomen erklärt werden - starke Stürme treten aber in manchen Jahren bereits im November oder gar im September auf.

Es mag sein, daß nicht alle Flachgründe von allen Windrichtungen gleichermaßen betroffen werden; es kommt vor, daß das eine oder andere Nahrungsgebiet in aufeinander folgenden Jahren mit sehr unterschiedlicher Intensität genutzt wird. Auch möglich ist jedoch, daß die Resistenz der Miesmuschelbänke gegenüber Wellenbewegungen über den Winter hin nicht konstant ist sondern mit der Zeit zunimmt.

Beobachtungen von der Steilküste bei Marienfelde zeigten, daß die Eiderenten fast nach jedem Tauchgang einen Miesmuschelklumpen mit zur Wasseroberfläche bringen und aus diesem nur ein oder zwei Muscheln herausschütteln. Der Rest wird von Silbermöwen schmarotzt oder fällt größtenteils zurück ins Wasser und auf den Meeresboden.

Ich vermute, daß der mechanische Einfluß der Enten auf eine Miesmuschelbank wesentlich größer sein kann als der ihrer Konsumtion. Im Verlaufe des Winters zerlegen die Eiderenten die kompakten Miesmuschelbänke, die dann aufgrund der größeren Angriffsfläche immer anfälliger gegen bodennahe Wasserbewegungen werden. Wäre dieses zutreffend, dann könnte theoretisch eine Muschelbank, die noch im November einem Sturm von 8 Windstärken standgehalten hat im Januar sogar durch einen schwächeren Sturm vertrieben werden. Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines solchen Ereignisses nähme erstens mit der Zeit und zweitens mit der Anzahl der über dem Nahrungsgrund anwesenden Enten zu. Die abiotischen Faktoren Wind bzw. Seegang hätten lediglich eine Verstärkerfunktion für einen Regelkreis, der doch durch den Fraß der Enten gesteuert wird. Es wäre somit möglich, daß die Kapazität des Überwinterungsgebietes trotz reichhaltig vorhandener Nahrungsressourcen nicht mehr Vögel "tragen" kann, weil die Miesmuschelbestände der Flachgründe als labile Systeme bei jeder Bestandserhöhung bereits früher im Jahr ihren Halt verlieren, was auf die Verbreitungsmuster der Meeresenten zurückwirken würde.

Diese neue Hypothese wird in den kommenden Wintern zu überprüfen sein.

## 6. Zusammenfassung

1. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob die Verbreitungsmuster und das jahreszeitliche Auftreten der Eiderente (*Somateria mollissima*), der Trauerente (*Melanitta nigra*) und der Eisente (*Clangula hyemalis*) in der Kieler Bucht durch räumliche und zeitliche Variationen der Makrobenthosbiomasse bestimmt werden.

2. Die Eiderente und die Trauerente ernähren sich in der Kieler Bucht zu mehr als 90% von den Mollusken, die am Meeresboden den größten Anteil der Biomasse stellen. Dieses sind insbesondere

- im Flachwasser: *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule* und *Mya arenaria*
- im mittleren Tiefenbereich: *Astarte borealis* und *Astarte elliptica*
- im Tiefwasser: *Arctica islandica* und *Mya truncata*

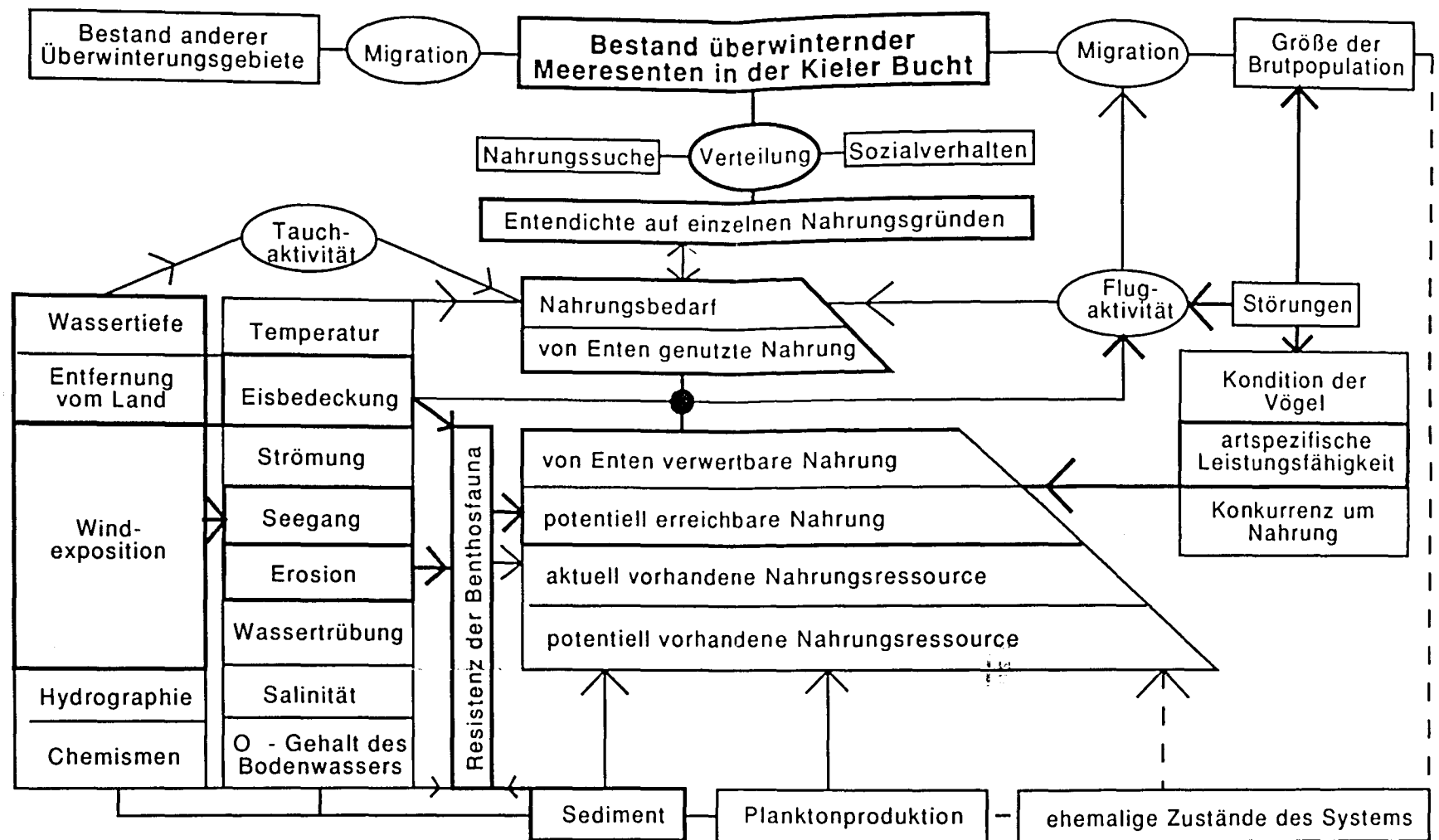
3. Die Meeresenten sind geeignete Indikatoren zum Auffinden von Orten mit überdurchschnittlich hohen Molluskenbeständen. An drei Verbreitungsschwerpunkten der Eiderente wurden im Herbst 1990 auf Miesmuschelbänken die höchsten bisher aus der Kieler Bucht bekannten Makrofaunabiomassen gefunden (mehr als 450 gAFTG/m<sup>2</sup> an einer Station auf Restsediment bei 5 m Wassertiefe als Resultat von 5 parallelen 0,1 m<sup>2</sup> Van-Veen-Greiferproben).

4. Über die Wintermonate werden die Ressourcen auf küstennahen und küstenfernen Nahrungsgründen unterschiedlich stark reduziert und die Verbreitungsmuster der Meeresenten passen sich diesen veränderten Bedingungen an.

5. Neben der Quantität beeinflusst auch die Qualität der erreichbaren Nahrung die Verteilung der großen Entenschwärme. Ein geeignetes Größenspektrum und ein geringes Schalengewicht der Miesmuscheln sind wahrscheinlich ein Grund für die besondere Attraktivität der küstenfernen Flachwassergebiete während der ersten Winterhälfte; dort treten an besonders geeigneten Nahrungsplätzen zeitweilig bis zu ca. 2.500 Eiderenten pro km<sup>2</sup> auf.

6. Die Enten tragen durch ihre Konsumtion nur unwesentlich zum winterlichen Rückgang der Molluskenbestände auf den Nahrungsgründen bei. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, daß in windexponierten Gebieten hohe Verluste der Nahrungsrecourcen durch Seegang und Erosion bedingt sind. Es werden die unterschiedlichen Wirkungen von abiotischen Faktoren auf die küstennahen und die küstenfernen Nahrungsgründe diskutiert und es wird nach einem Regulativ gesucht, das die Bestandshöhen der jährlich in der Kieler Bucht überwinternden Meeresenten kontrolliert.





**Abb. 33:** Übersicht über Faktoren, die den Bestand und die Verbreitung der Meeresenten in der Kieler Bucht beeinflussen.

Einzelne Faktoren wurden als Blöcke zusammengefaßt: links Abiotik, mittig biotische Faktoren (Nahrung), rechts Fitness der Arten bzw. der Individuen. Diese Blöcke wurden dort miteinander verbunden, wo mutmaßlich die größten gegenseitigen Abhängigkeiten bzw. Wechselwirkungen bestehen.

Nur ein Teil der im Gebiet vorhandenen Nahrung ist nutzbar, ein noch kleinerer Teil wird tatsächlich genutzt. Trotzdem können die Nahrungsressourcen aufgrund der unvorhersehbaren Einwirkung von abiotischen Faktoren für den Überwintungsbestand limitierend sein.

(ohne Anspruch auf Vollständigkeit oder vollständige Korrektheit)

## 7. Literaturverzeichnis

- Almkvist, B., A. Andersson, A. Jögi, M.K. Pirkola, M. Soikkeli & J. Virtanen 1974. The number of adult Eiders in the Baltic Sea. - *Wildfowl* **25**: 89-94.
- Altenkirch, J. 1977. Sedimentverteilungsmuster im Abraisionsgebiet des Stoller Grundes (Kieler Bucht) und ihre zeitliche Veränderung. - Univ. Kiel, SFB 95 Report No. **26**, 46pp.
- Ankar, S. 1977. Digging profile and penetration depth of the VanVeen grab in different sediment types. - *Contr. fr. Askö lab., Univ. Stockholm*, No. **16**.
- Arntz, W.E. 1970. Das Makrobenthos der Kieler Bucht im Jahr 1968 und seine Ausnutzung durch die Kliesche (*Limanda limanda* L.). - Dissertation, Kiel.
- 1971. Biomasse und Produktion des Makrobenthos in den tieferen Teilen der Kieler Bucht im Jahre 1968. - *Kieler Meeresforschung* **27**: 36-72.
- Arntz, W.E. & D. Brunswig 1975. An approach to estimate the production of macrobenthos and demersal fish in a western Baltic *Abra alba* community. - *Merentutkimuslait. Julk./Havsfor. Skr. No.* **239**: 195-205.
- Arntz, W.E. & H. Rumohr 1982. An experimental study of macrobenthic colonisation and succession, and the importance of seasonal variation in temperate latitudes. - *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **64**: 17-45.
- Aschoff, J. & H. Pohl (1970). Der Ruheumsatz von Vögeln als Funktion der Tageszeit und der Körpergröße. - *J. Orn.* **111**: 38-47
- Atkinson-Willes, G.L. 1976. The numerical distribution of ducks, swans and coots as a guide in assessing the importance of wetlands in midwinter. - *Proc. Int. Conf. Coserv. Wetlands Waterfowl, Heiligenhafen 1974*, 199-254.
- 1981. Comments on the contents of the proposed atlas of palearctic waterfowl and some suggestions on mapping technics. - *Proc. Symp. Mapp. Waterfowl Distrib., Migr. Habitats, Alushta 1976, Moskau 1981*.
- 1982. Some preliminary results of midwinter duck counts 1967 to 1976. - *Proc. 2nd Techn. Meet. Western Palearctic Migr. Bird Manage., Paris 1979, IWRB Publ.*, 58-64.
- Babenerd, B. & S.A. Gerlach 1987. Bathymetry and Sediments of Kieler Bucht. - In: J. Rumohr, E. Walger & B. Zeitschel (eds.). *Seawater-Sediment Interactions in Coastal Waters. An Interdisciplinary Approach*. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p.16-31.

- Bagge, P., R. Lemmetyinen & T. Raitis 1973. Springfood of some waterfowl in the southwest Finnish archipelago. - *Oikos Suppl.* **15**: 145-150.
- Baird, D., P.R. Evans, H. Milne & M.W. Pienkowski 1985. Utilization by shore birds of benthic invertebrate production in intertidal areas. - *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **23**: 573-597.
- Bauer, K.N. & U.N. Glutz von Blotzheim 1969. Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Band 3. Anseriformes (2. Teil), Frankfurt.
- Bayne, B.L. 1964a. The responses of the larvae of *Mytilus edulis* L. to light and gravity. - *Oikos* **15**: 162-174.
- 1965. Growth and delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis*, L.. - *Ophelia* **2**: 1-47.
- Bell, D.V. & M. Owen 1990. Shooting disturbance - a review. - In: G.V.T. Mathews (ed.). Managing waterfowl populations. IWRB Special Publication **12**: 159-171.
- Beukema 1976. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea.* **10** (2): 236-261
- Bräger, S. & G. Nehls 1987. Die Bedeutung der schleswig-holsteinischen Ostsee-Flachgründe für überwinternde Meeresenten. - *Corax* **12**: 234-254.
- Bräger, B., J. Meissner, G. Nehls & M. Thiel (in Vorb.). Numbers and distribution of seaducks in a southwestern Baltic wintering area.
- Brey, T. 1983. Die Makrofauna sandiger Böden der Kieler Bucht in 5-15 m Tiefe. - Diplomarbeit, Kiel.
- 1984. Gemeinschaftsstrukturen, Abundanz, Biomasse und Produktion des Makrozoobenthos sandiger Böden der Kieler Bucht in 5-10 m Wassertiefe. - Berichte aus dem Institut für Meereskunde, Kiel. **123**: 124 pp.
- 1986. Increase in macrozoobenthos above the halocline in Kiel Bay comparing the 1960s with the 1980s. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **28**: 299-302.
- 1989. Der Einfluß physikalischer und biologischer Faktoren auf Struktur und Dynamik der sublitoralen *Macoma*-Gemeinschaft der Kieler Bucht. - Berichte aus dem Institut für Meereskunde, Kiel. **186**: 248 pp.
- Brey, T., H. Rumohr & S. Ankar 1988. Energy content of macrobenthic invertebrates: general conversion factors from weight to energy. - *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1988, Vol. **177**, pp. 271-278.
- Brey, T., W.E. Arntz, D. Pauly & H. Rumohr 1990. *Artica (Cyprina) islandica* in Kiel Bay (Western Baltic): growth, production and ecological significance. - *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1990 Vol. **136**, pp. 217-235.
- Briggs, K.T., W.B. Tyler & D.B. Lewis 1985a. Comparison of ship and aerial surveys of birds at sea. - *J. Wildl. Manage.* **49**: 405-411.
- 1985b. Aerial surveys for seabirds: Methodological experiments. - *J. Wildl. Manage.* **49**: 412-417.

- Bustnes, J.O. & K.E. Erikstad 1988. The diets of sympatric wintering populations of Common Eider *Somateria mollissima* and King Eider *S. spectabilis* in Northern Norway. - *Ornis Fennica* **65**: 163-168.
- 1990. Size selection of common mussels, *Mytilus edulis*, by common eiders, *Somateria mollissima*: energy maximization or shell weight minimization? - *Can. J. Zool.* **68**: 2280-2283.
- Charnov, E.L. 1976. Optimal foraging. The marginal value theorem. - *Theor. Popul. Biol.* **9**: 129-136.
- Conroy, M.J., J.R. Goldsberry, J.E. Hines & D.B. Stotts 1988. Evaluation of aerial transect surveys for wintering American Black Ducks. - *J. Wildl. Manage.* **52**: 694-703.
- Cuff, W. & N. Colemann 1979. Optimal survey design: Lessons from a stratified random sample of macrobenthos. - *J. Fish. Res. Bd. Can.* **36**: 351-361.
- Drent, R., B. Ebginge & B. Weijand 1978/79. Balancing the energy budgets of arctic breeding goose throughout the annual cycle: a progress report. - *Verh. orn. Ges. Bayern* **23**: 375-386.
- Dybern, B.I., H. Ackefors & R. Elmgren 1976. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. - *Baltic Marine Biologists, Publication No. 1*.
- Elliot, J.M. 1971. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. - *Freshw. Biol. Ass. Sci. Publ. No. 25*.
- Evans, P.R. & P.J. Dugan 1984. Coastal birds: numbers in relation to food resources. - In: P.R. Evans, J.D. Goss-Custard & W.G. Hale (Ed.). *Coastal waders and wildfowl in winter*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Follestad, A., B.H. Larsen, T. Nygård & N. Røv 1988. Estimating numbers of Moulting Eiders *Somateria mollissima* with different flock size and flock structure. - *Cinclus* **11**: 97-99.
- Franzmann, N.E. 1989. Status of the Danish breeding population of the Eider *Somateria mollissima* 1980-83 with notes on general population trends in Northern Europe. - *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* **83**: 62-67.
- Gjosaeter, J. & R. Saetre 1974. Predation of eggs of Capelin (*Mallotus villosus*) by diving ducks. - *Astarte* **7**: 83-89.
- Gleason, H.A. 1922. On the relation between species and area. - *Ecology* **3**: 158-162.
- Goss-Custard, J.D. 1980. Competition for food and interference among waders. - *Ardea* **68**: 31-52.
- 1985. Foraging behaviour of wading birds and the carrying capacity of estuaries. - In: R.M. Sibly & R.H. Smith (eds.). *Behavioural Ecology*. Blackwell, Oxford.

- Grafenstein, U. von 1982. Zur Erosionswirkung von Seegang: Beobachtungen an Wellenrippeln in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). Univ. Kiel, SFB 95 Report No 63, 39 p.
- Gründel, E. 1976. Qualitative und quantitative Untersuchungen an einem Ökosystem "Zostera-Wiese" vor Surendorf (Kieler Bucht, westliche Ostsee). - SFB 95 Report Nr. 18, Universität Kiel.
- Haapanen, A. & L. Nilsson 1979. Breeding waterfowl populations in northern Fennoscandia. - *Ornis Scand.* 10: 145-219.
- Hario, M. & K. Selin 1988. Thirty-year trend in an eider population: timing of breeding, clutch size and nest site preferences. - *Finnish Game Res.* 45: 3-10.
- Hartley, J.H. 1982. Methods for monitoring offshore macrobenthos. - *Mar. Poll. Bull.* 13: 150-155.
- Hüppop, O. 1988. Aktivität und Energieumsatz bei Vögeln: Methoden und Ergebnisse. - *Seevögel* 9: 95-107
- Joensen, A.H. 1968. Wildfowl counts in Denmark in November 1967 and January 1968 - Methods and results. - *Dan. Rev. Game Biol.* 5.
- 1973. Moulting migration and wing-feather moult of seaducks in Denmark. - *Dan. Rev. Game Biol.* 8: 1-42.
- 1974. Waterfowl populations in Denmark 1965-73. - *Dan. Rev. Game Biol.* 9.
- 1976. Moulting and wintering seaducks in Denmark. - In: Kumari, E. (ed.). *Bird Migration*, Springer, Berlin, pp.22-43.
- Kändler, R. 1959. Hydrographische Beobachtungen in der Kieler Förde. - *Kieler Meeresforschung* 15: 145.
- Kautsky, N. 1981. On the trophic role of the blue mussel (*Mytilus edulis* L.) in a Baltic coastal ecosystem and the fate of the organic matter produced by the mussels. - *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 5: 454-461.
- Kellermann, A. 1981. Struktur, Dynamik und Produktivität einer Lebensgemeinschaft Mytilusbank in der Eckernförder Bucht (Westl. Ostsee). - Diplomarbeit, Kiel.
- Kirchhoff, K. 1979. Nahrungsökologische Untersuchungen an benthosfressenden Enten in der Hohwachter Bucht. - Diplomarbeit, University of Kiel, 105 pp.
- 1981. Zur Verbreitung der überwinternden Meeresenten auf der offenen Kieler und Lübecker Bucht (westliche Ostsee). - *Corax* 8: 197-207.

- Kirchhoff, K., P. Prokosch & H. Thiessen 1983. Wasservogelerfassung mit dem Flugzeug an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. - *Corax* 9: 154-177.
- Kronberg, I. 1983. Ökologie der schwarzen Zone im marinen Felslitoral. - Dissertation, Kiel.
- Kühlmorgan- Hille, G. 1963. Quantitative Untersuchungen der Bodenfauna in der Kieler Bucht und ihre jahreszeitlichen Veränderungen. - *Kieler Meeresforsch.* 19: 42-66.
- 1965. Qualitative und quantitative Veränderungen der Bodenfauna der Kieler Bucht in den Jahren 1953-1965. - *Kieler Meeresforsch.* 21: 167-191.
- Kullapere, A. 1983. Recent changes in the population of the Common Eider, *Somateria mollissima*, in the eastern Baltic area. - *Orn. Fenn. Suppl.* 3: 75-76.
- Lasiewski, R.C. & W. R. Dawson 1967. A reexamination of the relation between standard metabolic rate and body weight in Birds. - *Condor* 69: 13-23.
- Lassig, J. 1964. The distribution of marine and brackishwater lamellibranchs in the northern Baltic area. - *Comment. Biol.* 28: 1-41.
- Laursen, K. 1989. Estimates of sea duck winter populations of the Western Palearctic. - *Dan. Rev. Game Biol.* 13, 6: 1-22.
- Leipe, T. 1982. Ergebnisse von Magenuntersuchungen an Eisenten im Greifswalder Bodden. - *Falke* 29.
- 1985. Zur Nahrungsökologie der Eisente (*Clangula hyemalis*) im Greifswalder Bodden. - *Beitr. Vogelkd.* 31: 121-140.
- Leipe, T. & J. Scabell 1990. Die "Eisenten-Walze" oder eine effektive Strategie der kollektiven Nahrungssuche am Meeresboden durch *Clangula hyemalis*. - *Vogelwelt* 111: 224-229.
- Lüthje, H. 1977. Qualitative und quantitative Untersuchungen am Makrozoobenthos der Rotalgenzone in der Kieler Bucht (Westl. Ostsee). - Diplomarbeit, Kiel.
- 1978. The macrobenthos in the red algal zone of Kiel Bay (western Baltic). - *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* 4: 108-114.
- Lunau, C. 1927. Vogelzug im Westwinkel der Lübecker Bucht. - *Journal für Ornithologie* 75 (1927), 522-535.
- 1951. Trauerentenzug über Haffkrug. - *Heimat* 58 (1951), 227-230.
- Madsen, F.J. 1954. On the food habits of the diving ducks in Denmark. - *Dan. Rev. Game Biol.* 2: 157-226.
- Mathiasson, S. 1970. Numbers and distribution of Long-tailed wintering Ducks in northern Europe. - *Brit. Birds* 63: 414-424.
- Matthäus, W. 1983. Aktuelle Trends in der Entwicklung des Temperatur-, Salzgehalts- und Sauerstoffregimes im Tiefenwasser der Ostsee. - *Beitr. Meeresk.* 49: 47-64.

- McIntyre, A.D. 1971. Design of sampling programmes. - In: N.A. Holme & A.D. McIntyre: Methods for the study of marine benthos, IBP Handbook No. 16.
- Meissner, J. & S. Bräger 1990. The feeding ecology of wintering Eiders (*Somateria mollissima*) and Common Scoter (*Melanitta nigra*) on the Baltic Sea of Schleswig-Holstein, FRG. - Wader Study Group Bulletin 58: 10-12.
- Melvasalo, T., J. Pawlak, K. Grasshoff, L. Thorell & A. Tsibann 1981. Assessment of the effects of pollution on the natural resources of the Baltic Sea. - Baltic Sea Environment Proceedings No. 5B.
- Meyer, H.U. 1976. Zur Ökologie und Produktivität von Bewuchsgemeinschaften auf neubesiedelten Hartsubstraten in der Kieler Bucht. - Reports Sonderforschungsbereich 95 Wechselwirkung Meer - Meeresboden, Nr. 15.
- Moritz, D. 1983. Vom Mauserzug der Eiderente (*Somateria mollissima*) an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins bei Schleimünde. - Seevögel 4: 57-64.
- Nauen, C. 1978a. Populationsdynamic und Ökologie des Seesterns *Asterias rubens* L. in der Kieler Bucht. - SFB 95 Report Nr. 40, Universität Kiel.
- 1978b. The growth of the seastar, *Asterias rubens*, and its role as benthic predator in Kiel Bay. - Kieler Meeresforsch. Sonderh. 4: 68-81.
- Nehls, H.W. & H. Zöllick 1990. The moult migration of the Common Scoter (*Melanitta nigra*) of the coast of the GDR. - In: J. Viksne & I. Vilks (eds.): Baltic Birds 5 - Ecology, migration and protection of Baltic birds. Proceedings of the fifth conference on the study and conservation of migratory birds of the Baltic basin, Vol. 2, pp. 36-46.
- Nehls, G. 1991. Bestand, Jahresrhythmus und Nahrungsökologie der Eiderente (*Somateria mollissima* L. 1758) im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. - Corax 14.
- Noodt, W. & R. Kölmel 1986. Darstellung ökologisch bedeutsamer Räume in der Kieler und Mecklenburger Bucht aus ornithologischer und benthosökologischer Sicht. Unveröff. Gutachten Landesamt N & L, Kiel.
- Owen, M. & J.M. Black 1990. Waterfowl Ecology. - Blackie, London 194pp.
- Pehrsson, O. 1978. A ten-year fluctuation pattern of the common eider (*Somateria mollissima*) on the Swedish West Coast as a result of food availability. - In: A. Andersson & S. Fredga. Proceedings from the Symposium on Sea Ducks, June 16-17, 1975, Stockholm, Sweden. Slimbridge.
- 1984. Diving duck populations in relation to their food supplies. - In: Evans, P.R., J.D. Goss-Custard & W.G. Hale (eds.). Coastal waders and wildfowl in winter. Cambridge University Press, Cambridge & London, pp. 101-116.
- Petersen, G.G.J. 1981. The sea bottom and its production of fish-food. - Rept. Dan. Biol. Sta. Bd. Agr., Copenhagen.

- Pirot, J.-Y., K. Laursen., J. Madsen & J.-Y. Monval 1988. Population estimates of swans, geese, ducks and Eurasian Coot (*Fulica atra*) in the Western Palearctic and Sahelian Africa. - In: Boyd, H. & J.-Y. Pirot (eds.). Flyways and reserve networks for water birds. IWRB Special Publication No. 9, pp. 14-23.
- Prokosch, P. & K. Kirchhoff 1983. Feuchtgebiete internationaler Bedeutung für Wasservögel in Schleswig-Holstein. - Corax 9: 178-204.
- Remane, A. 1933. Verteilung und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. - Wiss. Meeresunters. N. F. 21, Abt. Kiel.
- 1940. Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. - Tierwelt der Nord- und Ostsee Bd. 1a: 1-238.
- Romero, M. 1983. Vertikale Verteilung der Makrofauna im Sediment. - Diplomarbeit, Kiel.
- Rüger, A., C. Prentice & M. Owen 1986. Results of the IWRB International Waterfowl Census 1967-1983. - IWRB Special Publication No. 6.
- Rumohr, H. & W.E. Arntz 1982. The "Benthosgarten" - a new approach for the study of soft bottom communities. - Meeresforschung - Reports on Marine Research 29 (4) : 225-238.
- Rumohr, H., T. Brey & S. Ankar 1987. A Compilation of Biometric Conversion Factors for Benthic Invertebrates of the Baltic Sea. - The Baltic Marine Biologists, Publication No. 9.
- Rutschke, E. 1989. Die Wildenten Europas. - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Sachs, L. 1984. Angewandte Statistik. - Springer Verlag.
- Salomonsen, F. 1968. The moult migration. - Wildfowl 19: 5-24.
- Schafstall, H.-W. 1978. Vogelzug an der Eckernförder Bucht. - Jahrbuch der Heimatgemeinschaft Eckernförde e.V., Jahrgang 36: 196-205.
- Schoener, T.W. 1984. Competition and the Form of Habitat Shift. - Theoretical Population Biology, Vol. 6, No. 3 : p. 269.
- Schmidt, G.A.J. 1976. The overland-migration of waterfowl over Schleswig-Holstein. - In: Kumari, E. (ed.): Bird Migration. "Valgus", Tallinn, pp. 87-98.
- 1981. Der Mauserzug der Eiderente, *Somateria mollissima*, über Schleswig-Holstein hinweg zur Nordsee. - Vogelkundliches Tagebuch Schleswig-Holstein 7: 215-225.
- 1983. The moult migration of the common eider *Somateria mollissima* across Schleswig-Holstein towards the North-Sea. - Ornith. Fenn. Suppl. 3: 48-50.
- Schuster, S. 1984. Tauchuntersuchungen an Mytilusgemeinschaften in der Flensburger Förde, Zur Auswirkung von Eutrophierungsprozessen in einem Gradienten organischer Verschmutzung. - Diplomarbeit, Kiel.



- Schweimer, M. 1978. Physikalisch-ozeanographisch Parameter in der westlichen Ostsee. - Berichte aus dem Institut für Meereskunde, Nr.61.
- Seed, R. 1968. Factors influencing shell shape in the mussel *Mytilus edulis*. - J. Mar. Biol. Assoc. U. K., **48**: 561-584.
- Seegerstråle, S. 1947. Några rön angående ejderns föda. *Ornis Fennica*, **24**: 58-59.
- Selin, D. 1990. Fischlaich als Nahrung von Vögeln. - *Vogelwelt* **111**: 217-224.
- Stempniewicz, L. 1986. The food intake of two Scoters *Melanitta fusca* and *M. nigra* wintering in the Gulf of Gdansk, Polish Baltic coast. - *Vår Fågelv. Suppl.* **11**: 211-214.
- Stjernberg, T. 1982. The size of the breeding eider population of the Baltic in the early 1980s. - *Ornis Fenn.* **59**: 135-140.
- Swennen, C. 1976. Populatie-Struktur en Voedsel van de Eidereend *Somateria mollissima moll.* in de Nederlandse Waddenzee. - *Ardea* **64**: 311-371.
- Weigelt, M. 1987. Effects of oxygen depletion on the bottom fauna of Kiel Bay. - *Berichte aus dem Institut für Meereskunde Kiel Nr. 176* : 299 pp.
- Weinberg, S. 1978. The minimal area problem in invertebrate communities of mediterranean rocky substrata. - *Mar. Biol.* **49**: 33-40.
- Worthmann, H. 1975. Die Makrobenthos- und Fischbesiedelung in verschiedenen Flachwassergebieten der Kieler Bucht. - Diplomarbeit, Kiel.
- 1976. Die Molluskenfauna verschiedener Flachwassergebiete der Kieler Bucht, Artenzusammensetzung und Produktivität. - *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* **3**: 25-36.

### E r k l ä r u n g

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ferner erkläre ich, daß ich mit der Einstellung dieser Arbeit in die Fachbibliothek des Biologiezentrums bzw. des Instituts für Meereskunde der CAU einverstanden bin.

\*

\*Sowohl der Universität  
bibliothek

Kiel, den

06.01.92

.....  
